NOUVELLE
THEORIE
DE LA
MANOEUVRE
DES VAISSEAUX,
A LA PORTE'E DES PILOTES.

G 27753 SBN

NOUVELLE THEORIE DE LA MANOEUVRE DES VAISSEAUX,

A LA PORTE'E DES PILOTES.

BIBLIOTECA NAZIONALE DI POLE

Par M. SAVERIEN.

A PARIS,

Chez { La Veuve d'ANDRE' KNAPEN, au bas du Pont S. Michel, au Bon Protecteur.
CHARLES-ANTOINE JOMBERT, Libraire du Roy pour l'Artillerie & le Génie, au coin de la rue Gille-cœur, à l'Image Notre-Dame.

M. DCC. XLV.

Avec Approbation & Privilege du Roy.

A

MONSEIGNEUR LE COMTE DE MAUREPAS,

MINISTRE ET SECRETAIRE D'ÉTAT,

COMMANDEUR DES ORDRES DU ROY.

MONSEIGNEUR,

Mon deſſein, dans cet Ouvrage, eſt d'examiner les mouvemens du Vaiſſeau, de les ſoumettre à des loix, & de tracer aux Marins des voïes ſûres, pour devenir d'habiles Manœuvriers. J'ai crû, par ce travail,

ſéconder les vûës de VOTRE GRANDEUR *pour le progrès de la Navigation. Elles viennent d'éclater de nos jours ; & toute l'Europe a vû avec admiration déterminer par vos ſoins la figure de la Terre. En vain, une Nation étrangere voudroit s'en attribuer la gloire : cette importante découverte ſera à jamais un precieux monument pour la France, & qui éterniſera votre Nom.*

Puiſſiés-vous, MONSEIGNEUR, *agréer ces premiers efforts de mon zèle pour la perfection de la Marine ! Trop heureux ſi je puis par-là vous aſſurer du profond reſpect avec lequel je ſuis*,

MONSEIGNEUR,

Votre très-humble & très-obeiſſant
Serviteur SAVERIEN.

PREFACE.

ON reconnoît depuis long-tems, que la Manœuvre des Vaiſſeaux eſt la partie eſſentielle de la Navigation. C'eſt principalement dans cette vûë, qu'on a cherché à la ſoumettre à des loix. Parmi les Savans, qui y ont travaillé, Mrs *Huguens*, *Guinée*, *Bernoulli*, *Parent*, *Pitot*, ſe ſont particulierement diſtingués. Le Pere *Pardies*, le Chevalier *Renau*, le Pere *Hoſte*, ne s'étoient fondés, que ſur de faux principes. De tous les Traités qui ont paru ſur cette

matiere, ceux de Mrs *Bernoulli* & *Pitot* ſont dans une plus grande eſtime. Mrs *Parent*, *Huguens*, *Guinée* n'ont donné que des Pieces détachées.

M. *Huguens* eſt le premier, qui ait démontré l'erreur, ſur laquelle la Théorie du Chevalier *Renau* étoit établie. M. *Bernoulli* en fit auſſi voir la fauſſeté; & ayant relevé une mepriſe, qui avoit échappé à M. *Huguens*, il publia en 1714. une nouvelle Théorie. Son Livre fit beaucoup de bruit. Il excita la curioſité des Géometres, & réjouit d'abord les Manœuvriers. Les premiers le lurent avec plaiſir; les ſeconds ne le virent enſuite qu'avec une ſorte d'inquiétude.

Cette Théorie étoit ſublime: mais elle étoit plus propre à con-

tenter les Géometres, qu'à ſatisfaire le commun des Marins. Les connoiſſances, qu'elle ſuppoſoit, la rendoient plus curieuſe qu'utile. M. *Pitot* le reconnut; il parut ſenſible au chagrin des Pilotes; il travailla à rendre cette Théorie plus intelligible; l'enrichit de recherches & de réfléxions neuves, & y joignit des Tables, dont la prolixité du Calcul auroit effrayé un Calculateur moins patient & moins habile.

Le Titre de *Théorie réduite en pratique* annonça un Traité plus étendu, que celui de M. *Bernoulli*. On s'attendoit à une Théorie ſimple : on ne fut pas entierement ſatisfait.

Quelque ſoin que l'illuſtre M. *Pitot* eût pris, afin de rendre ſes

démonſtrations moins abſtraites & moins compliquées, il ne leur donna point cette ſimplicité néceſſaire, pour être univerſellement entendues & pratiquées avec ſuccès. On étoit arrêté, preſqu'à tout moment, par des Calculs analiſtiques, auſſi aiſés pour des Géometres, que difficiles pour des Pilotes.

Cet inconvénient ſeroit-il donc inſurmontable, me diſois-je en moi-même, lorſque je lus cette ſeconde Théorie? Ne ſauroit-on parvenir à cette connoiſſance Théorique de la Manœuvre des Vaiſſeaux, qu'au travers des ſentiers épineux d'une Géometrie trop compliquée? Le déſir, que j'eus de la débaraſſer d'un Calcul importun, me la fit conſidérer ſous un autre point de vûë. Je crus avoir trouvé un milieu; &

qu'on pouvoit la dépouiller de cet air myſterieux, ſous lequel elle étoit enveloppée, ſans la priver des démonſtrations, qui la fiſſent étudier avec plus de goût, & pratiquer avec plus de ſatisfaction : mais l'autorité reſpectable de Mrs *Bernoulli* & *Pitot* me faiſoit craindre, & je me défiois de moi-même.

Ce fut en quelque ſorte pour ſonder le Public, que je publiai un petit Ouvrage, dont le Journal des Savans du mois de Novembre 1744. fit mention, où après avoir expoſé les avantages de la Manœuvre, j'avançai, qu'on pouvoit la mettre à la portée des Pilotes. Le Public parut recevoir ce projet avec quelque applaudiſſement. Ce petit ſuccès m'encouragea. J'examinai avec

plus de ſoin & d'attention l'une & l'autre Théorie de Mrs *Bernoulli* & *Pitot*.

Plus je travaillois ſur ces deux Ouvrages, plus j'étois inquiet ſur diverſes ſuppoſitions, qu'on donnoit pour principes, & que je ne croyois pas tels. Je remarquai même, que quand ces deux Théories auroient été traitées d'une maniere moins abſtraite, & avec une ſimplicité convenable, elles auroient encore préſenté de grandes difficultés.

M. *Bernoulli* ſuppoſe, 1°. Que la vîteſſe du Vent eſt infinie eu égard à celle du Vaiſſeau; 2°. Que la Carene ou la Section horizontale du Vaiſſeau eſt un ſegment de cercle de 30 dégrés. C'eſt ſur ces fondemens que M. *Bernoulli* a établi ſa Théorie.

M. *Pitot*, qui s'eſt attaché principalement à réduire la Théorie de M. *Bernoulli* en pratique, a adopté les mêmes ſuppoſitions; & ſi elles ſont fauſſes, il eſt tombé dans les mêmes erreurs.

M. *Parent* traite la premiere d'abſurde, la ſeconde d'idéale. Il eſt vrai, que M. *Pitot* n'a pas admis en entier cette ſeconde ſuppoſition. Il a cru la rendre plus recevable en appliquant ces principes à des formes de Vaiſſeau plus approchantes de celles des Vaiſſeaux ordinaires. Cette modération rend la ſuppoſition plus douce : mais M. *Pitot* lui-même reconnoît en plus d'un endroit de ſon Livre, qu'elle n'eſt pas dans le fond plus vraie.

Ce qui doit ſurprendre, c'eſt que M. *Pitot*, avant que de réduire la

Théorie de M. *Bernoulli* en pratique, & d'adopter les mêmes principes, n'ait pas entrepris de répondre aux objections, que M. *Parent*, dans preſque tous ſes Ouvrages, oppoſe contre cette Théorie; entr'autres à une, qu'on trouve dans ſon *Supplément à pluſieurs Problêmes publiés en différentes occaſions* (a), qui paroît meriter quelque attention.

L'Auteur dit, page 18. » Au » reſte le Vaiſſeau faiſant ordinaire- » ment trois lieuës par heure, quand » le Vent fait 24 piés par ſeconde, » ou cinq lieuës par heure; il eſt » manifeſte, que le rapport de la » vîteſſe du Vent à celle du Vaiſſeau » eſt infiniment éloignée d'être in- » finie, comme M. *Bernoulli* le jeune

(a) On trouve ce Supplément à la fin de ſon *Traité d'Arithmetique Théori-Pratique.*

l'a crû dans le Traité cité.(a) Ainſi « toute ſa Théorie étant fondée ſur « cette fiction, elle ne peut être « d'aucun uſage dans la Manœuvre. « Mais quoique cet Ouvrage ſoit « appuyé ſur une fauſſe conſéquen- « ce, comme on l'a fait voir ci- « devant, & ſur une ſuppoſition « auſſi fauſſe, il ne laiſſera pas de « plaire à quantité de Géometres, « qui ne cherchent ordinairement « dans ces ſortes de démonſtra- « tions, qu'une Géometrie rafinée. «

Une Théorie, qui éviteroit ces deux inconvéniens : je veux dire, celui d'être trop abſtraite, & celui d'être fondée ſur des ſuppoſitions fauſſes, ſeroit ſans doute une Théorie très-utile.

(a) Voyés dans le même endroit la page 11.

PREFACE.

Si le ſuccès répondoit à mon zèle, & à mon travail, j'aurois procuré un grand avantage à la Marine, par ma nouvelle Théorie. Voici le Plan que j'ai ſuivi, & qui m'a paru le plus méthodique.

J'examine la Théorie de la Manœuvre des Vaiſſeaux ſous trois points de vûë. Je conſidére, 1°. Les principaux mouvemens du Vaiſſeau; 2°. Sa vîteſſe rélative & abſolue; 3°. J'applique ces conſidérations à la ſolution de pluſieurs Problêmes utiles pour la conduite d'un Navire, & néceſſaires pour le ſuccès d'un combat naval. Tel eſt le deſſein de cet Ouvrage.

NOUVELLE

NOUVELLE THEORIE DE LA MANOEUVRE DES VAISSEAUX,

A LA PORTE'E DES PILOTES.

NOUS entendons par la *Manœuvre* l'Art, par lequel on ſoumet tous les mouvemens du Vaiſſeau à des regles, pour les diriger, ſelon le beſoin, le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible.

CHAPITRE PREMIER.

De l'action des fluides contre les ſurfaces : Principes généraux.

1. LORSQU'UNE ſurface reçoit l'impulſion d'un fluide, il eſt indifférent de conſidérer, ſi ce fluide ſe meut contre cette ſurface, ou cette ſurface contre ce fluide : ainſi on peut attribuer toute la vîteſſe d'un corps dans un fluide, à la vîteſſe avec laquelle ce fluide s'échape, ou à celle qui détermine le mouvement du corps; ou enfin on eſt libre de leur attribuer à chacun une partie de la vîteſſe reſpective, avec laquelle la ſurface reçoit ou donne impulſion à ce fluide.

2. Le mouvement d'un corps eſt plus ou moins retardé, ſelon les différentes impulſions, qu'on ne peut réduire qu'à trois. L'impulſion peut être perpendiculaire, paralléle, ou oblique.

3. Si l'impulsion d'un fluide est perpendiculaire à une surface, ce fluide poussera cette surface avec toute sa force; cette force augmentera & diminuera selon sa vîtesse.

Ce principe est évident, puisque le mouvement du fluide sera entierement opposé à tout le mouvement du corps.

4. Si l'impulsion du fluide est paralléle, le mouvement, qui détermine cette impulsion, n'étant point opposé à celui du corps, il est clair que l'impulsion du fluide sera nulle.

5. Lorsque l'impulsion est oblique, on peut considérer le mouvement du fluide comme composé par deux forces, dont l'une est horizontale, & l'autre perpendiculaire; la ligne oblique pouvant toujours être prise pour la diagonale d'un parallélograme rectangle.

Soit C D. une surface, B C. la direction, selon laquelle un fluide est poussé obliquement contre cette surface; je dis, que la force de l'impulsion du fluide ne Figure 1re.

peut être exprimée, que par la perpendiculaire BD.

Demonstration. Ayant achevé le parallélograme rectangle AB DC, on aura, par les premiers principes de la Mécanique, la force de l'impulsion de la ligne CB sur la surface CD, composée de la force AB paralléle, & de la force BD perpendiculaire; mais la force de l'impulsion paralléle est nulle par le principe 4. donc la force de l'impulsion sera exprimée par la perpendiculaire BD, sinus de l'angle d'incidence BCD, la ligne CB étant prise pour sinus total.

6. De-là il suit, que de trois impulsions, qui sembloient devoir être admises, il n'en reste que deux de réelles : savoir, la perpendiculaire & l'oblique. L'impulsion perpendiculaire augmente selon la vîtesse ; l'impulsion oblique augmente bien selon la vîtesse, mais elle varie selon les différentes obliquités. C'est pour déterminer ces variations que nous posons les deux principes suivans.

7. L'impulſion oblique de chaque partie d'un fluide eſt à l'impulſion perpendiculaire, comme le ſinus total au ſinus de l'obliquité.

Ce principe ſe démontre par le principe 5. Si l'on meſure l'impulſion perpendiculaire de chaque partie d'un fluide par le ſinus total, on meſurera l'impulſion oblique par le ſinus de l'angle d'incidence : donc l'impulſion oblique de chaque partie d'un fluide eſt à l'impulſion perpendiculaire, comme, &c.

8. Les impulſions obliques d'un fluide, ſur une même ſurface, ſont en raiſon doublée des ſinus des angles d'incidence, ou comme le quarré de ces ſinus.

Demonstration. L'impulſion perpendiculaire d'un fluide étant meſurée par le ſinus total, l'impulſion oblique ſera meſurée par le ſinus de l'angle d'incidence ; mais l'impulſion perpendiculaire de chaque partie d'un fluide, étant meſurée par le ſinus total, l'impulſion

oblique de chaque partie ſera meſurée par le ſinus de l'angle d'incidence, (principe 7.) d'où il réſulte une raiſon doublée : donc les impulſions obliques d'un fluide ſur une même ſurface, ſont, &c.

9. Sous quelqu'angle qu'une ſurface reçoive l'impulſion d'un fluide, la détermination, ſelon laquelle cette ſurface eſt pouſſée, eſt toujours perpendiculaire à cette ſurface.

Figure 1. Soit A B une ſurface qui reçoit l'impulſion oblique d'un fluide C D, la force de l'impulſion ſera, par le principe 5, exprimée par la perpendiculaire B D, ſinus de l'angle d'incidence B C D : donc cette ſurface ſera pouſſée ſelon la perpendiculaire C E. Ainſi quelqu'oblique que ſoit l'impulſion d'un fluide contre une ſurface, cette ſurface ſera déterminée à ſe mouvoir, comme ſi ce fluide l'alloit frapper perpendiculairement, avec une force exprimée par le ſinus de l'angle d'incidence.

10. C'eſt un principe généralement

reçu, que les forces de l'impulſion d'un fluide contre une même ſurface avec différentes vîteſſes, ſont en raiſon doublée de ces mêmes vîteſſes; ou, ce qui revient au même, que les réſiſtances ſont comme le quarré des vîteſſes.

Ce principe ſe prouve par l'experience. Lorſqu'un fluide a plus de vîteſſe, il y a en même tems un plus grand nombre de parties, qui le frappent à raiſon de leur vîteſſe, d'où réſulte une raiſon doublée.

Si l'on ſe contente des experiences, on peut conſulter les Mémoires de l'Académie de 1705. Si c'eſt des démonſtrations que l'on ſouhaite, on peut voir celle qu'en donne M. *Pitot* de l'Académie Royale des Sciences, dans les Mémoires de l'Académie de 1725, en admettant l'hipotheſe de *Galilée* ſur la chûte des corps.

11. Les fluides, dont nous parlons ici, ſont l'air & l'eau. L'air, conſidéré comme compoſé par de petits corps, qui ſont

pouſſés par des lignes paralléles, s'appelle le *Vent* : ces lignes forment ce qu'on appelle *Lit du Vent*. De même le courant eſt un grand nombre de goutes d'eau pouſſées par des lignes paralléles ; on nomme ces lignes *Lit du Courant*.

21. Comme le Vent n'agit, pour pouſſer le Vaiſſeau, que ſur les Voiles, il eſt évident, que n'ayant examiné ces différentes impulſions, que ſur des ſurfaces planes, nous avons regardé la courbure des Voiles, lorſqu'elles ſont enflées par le Vent, comme nulle. Voyons ſi cette courbure ne change en rien à la ſolidité de nos principes, & ſi c'eſt à tort que nous l'avons négligée.

13. Les forces des impulſions contre des ſurfaces quelconques ſont toujours exprimées par des perpendiculaires : il n'y a donc alors aucune différence des ſurfaces planes aux ſurfaces courbes. Pour nous former une idée plus claire de cette égalité, conſidérons qu'une ſurface courbe eſt une ſurface compoſée

d'une infinité de ſurfaces planes, ou plans élementaires; mais chacune de ces ſurfaces courbes a une détermination particuliere; donc la ſurface courbe a une infinité de déterminations particulieres ou différentes, entre leſquelles il y en a une moïenne, qui partage tous les efforts. De-là il ſuit, qu'étant parvenu (comme nous verrons dans la ſuite) à connoître cette détermination moïenne, nous pouvons regarder les ſurfaces courbes comme planes, en nous ſervant de ces mêmes principes.

CHAPITRE II.

Du mouvement en général du Vaiſſeau. Des définitions de la Manœuvre. De la maniere de connoître l'angle de la Ligne du Vent & de la route.

LE mouvement du Vaiſſeau eſt dirigé par l'action du Vent ſur les Voiles. Comme il y en a pluſieurs dans

un Vaiſſeau, il eſt néceſſaire, pour avoir quelque choſe de conſtant, de trouver une détermination moïenne, qui partage de part & d'autre les efforts du Vent ſur les Voiles, & de réunir ces efforts à un ſeul. Cette réunion eſt néceſſairement faite par la diſpoſition de la mâture. Il eſt queſtion ſeulement de connoître le point où elle ſe fait, & par quelle ligne les voiles font impreſſion ſur le Vaiſſeau.

Cet examen ſembleroit exiger un détail concis de la Théorie de la mâture, aux regles de laquelle toutes les mâtures ne ſont pas ſoumiſes. Quelque défectueuſes qu'elles ſoient dans pluſieurs Vaiſſeaux; il eſt cependant un principe, qui ſans le ſecours de la Théorie, a toujours été le fondement de la diſpoſition des Mâts : Voici en quoi il conſiſte.

14. Lorſqu'un Vaiſſeau n'a qu'un Mât, on le diſpoſe de façon, que la réſiſtance de l'eau contre le Vaiſſeau eſt toujours en équilibre ſur le Mât; c'eſt-à-dire, on plante le Mât au centre de l'équilibre de

toutes les parties du Vaiſſeau. S'il y a pluſieurs Mâts, comme dans les Vaiſſeaux ordinaires, on diſpoſe les trois autres, je veux dire les Mâts de Miſene, d'Artimon & de Beaupré, enſorte qu'ils ſont équilibre ſur le centre de l'équilibre du Vaiſſeau, afin que le Vaiſſeau conſerve toujours ſon paralléliſme : mais comme le grand Mât eſt à ce centre, il ſuit que les efforts qui ſe font ſur chaque Mât, ſont réunis au grand Mât ; ainſi on doit conſidérer l'effort, qui ſe fait ſur le Vaiſſeau, par la direction du grand Mât, comme compoſé des forces abſoluës de tous les autres, & ſelon lequel le Vaiſſeau ſeroit déterminé à ſe mouvoir, ſi quelqu'autre cauſe ne le détournoit de cette direction. J'appelle après M. *Bernoulli*, cette Ligne *la Ligne de la force mouvante*.

15. Lorſqu'un Vaiſſeau eſt mis en mouvement par l'action du Vent ſur les Voiles, ſon ſillage ou ſa vîteſſe augmente ſelon la direction du Vent ſur les Voiles.

Figure 3. Soit A B la Quille d'un Vaiſſeau A B C D, ſi la Ligne du Vent ne faiſoit avec la Quille A B qu'une même ligne, comme V A, alors le Vaiſſeau, qui ſeroit pouſſé par la pointe, iroit avec toute la vîteſſe poſſible. Si le Vent agit ſelon la direction V C, le Vaiſſeau ſera pouſſé ſelon C D; & afin que le Vaiſſeau fît route, ſelon la Ligne de la force mouvante, il faudroit qu'il fût conſtruit de façon qu'il trouvât par-tout une égale réſiſtance; ce qui ne ſauroit convenir qu'à un Vaiſſeau ſphérique ou cylindrique. Mais ſelon la figure des Vaiſſeaux ordinaires, la réſiſtance, qu'il trouve à fendre l'eau par ſon côté, eſt plus grande que celle qu'il trouve à la fendre par ſa pointe : donc la route, que le Vaiſſeau doit ſuivre, doit être moïenne, pour gagner ſur une moindre réſiſtance ce qu'on perd par la direction perpendiculaire de la force mouvante. La route du Vaiſſeau, au lieu d'être C D, ſera C E, entre C B & C D. J'appelle encore avec

M. *Bernoulli*, la Ligne par laquelle le Vaiſſeau fait route, *la Ligne moienne de la force mouvante.*

16. De-là il ſuit, que plus l'angle DCB formé par la ligne de la direction V C, & la ligne C B eſt grand, plus l'angle de la route & de la Quille l'eſt auſſi. Cet angle, qui eſt ici l'angle B C E, s'appelle *l'angle de la Dérive.*

17. Puiſque l'angle de la Ligne de la force mouvante, & celle de la Quille augmente en même raiſon, que celui de de la ligne du Vent & des Voiles, ſi nous connoiſſons ce dernier angle, nous déterminerons par-là la direction de la force mouvante & l'on pourra trouver l'angle de la route & de la Quille, c'eſt-à-dire, l'angle de la Dérive. Pour avoir ainſi cet angle, il eſt néceſſaire de connoître la réſiſtance, que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau dans toutes les impreſſions de la ligne de la force mouvante.

Quoique nous eſperions de parvenir à

cette connoiſſance, quelque compliquée qu'elle paroiſſe, & que nous puiſſions par elle déterminer l'angle de la Dérive, cependant nous croyons qu'on doit toujours préferer la pratique ordinaire, qu'on trouve dans tous les Traités du Pilotage. Cette voïe eſt infiniment plus ſimple, & même plus certaine.

18. Lorſque l'angle de la ligne du Vent & de la route eſt droit, on appelle le Vent *Vent de Quartier*; ſi l'angle eſt obtus, il ſe nomme *Vent Largue*; s'il eſt aigu, *Vent de Bouline*; enfin, ſi la ligne du vent & la Quille ne font qu'une même ligne, on l'appelle *Vent-Arriere*.

19. Il ſemble que le Vent-Arriere doit être le meilleur pour faire une route quelconque, puiſque pouſſant le Vaiſſeau par la pointe, il le fait aller avec toute la vîteſſe poſſible : mais comme les Voiles des Mâts de l'arriere ôtent le Vent de celles des Mâts de l'avant, on préfere le Vent Largue; parce qu'alors toutes les Voiles portent; d'où doit réſulter une

plus grande force. Nous examinerons cette différence dans la ſuite.

20. On dit, que le Vaiſſeau tient également le Vent, s'il a le Vent de Quartier; qu'il gagne au Vent, s'il a le Vent de Bouline; qu'il perd au Vent, s'il a le Vent Largue. Le Vaiſſeau V fait route ſelon A B; ſi le Vent eſt en H, il a le Vent de Bouline; s'il eſt en D, le Vent de Quartier, & s'il eſt en E, le Vent Largue. Figure 4.

21. Deux Vaiſſeaux tiennent également le Vent, s'ils ſont ſur une même ligne, comme les Vaiſſeaux A & B. Figure 5. Un Vaiſſeau eſt ſous le Vent d'un autre, s'il a le Vent contraire pour venir à lui; ainſi le Vaiſſeau C eſt ſous le Vent du Vaiſſeau B, & le Vaiſſeau B a l'avantage ſur le Vaiſſeau C.

22. Plus l'angle de la Dérive eſt petit, plus la ligne de la force mouvante approche de la Quille; mais ſi l'on diminue l'angle de la Dérive, pour gagner ſur une moindre réſiſtance, on dimiue l'angle du Vent ſur les Voiles; & puiſque l'angle

diminuant, le ſinus diminue, il eſt évident, par le principe 7, que la force du Vent ſur les Voiles doit diminuer. Il doit donc y avoir un point, où ſans perdre de l'avantage de l'angle du Vent & de la Quille, on diminue celui de la Dérive le plus qu'il eſt poſſible. Ce point eſt la ſituation la plus avantageuſe de la Voile.

Comme dans la recherche de la ſituation la plus avantageuſe de la Voile, on ſuppoſe l'angle du Vent & de la route connu, il convient auparavant de nous aſſurer d'un moyen, qui nous donne la juſte valeur de cet angle.

Une Machine, que M. d'*Ozembray*, Honoraire de l'Académie Royale des Sciences, a donnée au Public dans les Mémoires de l'Académie de 1731. nous fournit une maniere aiſée de nous aſſurer de la juſte valeur de l'angle de la ligne du Vent & de la route. Cette connoiſſance étant très-importante & eſſentielle dans la Manœuvre, on ne ſauroit être trop reconnoiſſant au zèle de M. d'*Ozembray* pour le bien

bien du Public. Cet ingenieux Savant, qui recherche avec ſoin tous les cas où ſes talens peuvent lui être utiles, nous a fait part d'une quantité de Machines très-néceſſaires. On pourra juger de la maniere aiſée de les mettre en pratique, par l'uſage de celle que je vais développer : je crois que les Marins me ſauront gré de l'avoir tirée des Mémoires de l'Académie pour leur en faire part.

DESCRIPTION D'UNE MACHINE pour connoître l'angle de la ligne du Vent & de la route.

23. Sur une Planche triangulaire équilatérale répreſentée par la Figure A B C, s'élevent trois piliers A D, E C, B F, pour ſoutenir une autre triangle de bois D E F, paralléle au précedent ; à chaque coin de ce ſecond triangle, ſont placés trois montans perpendiculaires à ce triangle, ſelon M. d'*Ozembray* (ainſi qu'ils ſont répréſentés par les lignes ponctuées Figure 6.

FG, EM, DI) pour ſervir de Coq à une Girouette HK, qui ayant le bout en forme de cone, paſſe par le trou S ſans tomber.

Comme ces trois montans m'ont paru embarraſſans, & même ſujets, en rompant le Vent, à déranger la véritable direction de la Girouette, j'ai mis les montans, ou branches, obliquement au-deſſous, qui en faiſant le même effet, ne ſont pas ſujets à cauſer les mêmes inconvéniens.

A l'extrêmité quarrée de la tige de la Girouette Q, on arrête avec un écrou une petite tige de cuivre, à une, ou deux branches marquée Z pour ſervir d'Indèx. Afin de faciliter la conſtruction de cette Machine, M. d'*Ozembray* propoſe deux ſortes d'Index marqués *x*, X : il laiſſe le choix aux Marins, pour celui qui leur paroîtra le plus convenable.

Au milieu du triangle équilatéral ABC, eſt placée une Bouſſole arrêtée avec des écrous ou autrement, pourvû

qu'elle ſoit bien fixe. Cette Bouſſole ne différe des autres qu'en la diviſion des deux cercles.

Le premier cercle eſt diviſé à l'ordinaire. Il commence par *a* en allant vers *c*. Les diviſions du ſecond commencent par E, en augmentant de chaque côté; de ſorte que le ſecond cercle contient 180 dégrés répetés. Les diviſions de ce cercle ſont d'une très-grande commodité, pour trouver ſur le champ ſans aucune réduction la valeur des angles, par addition, ou par ſouſtraction, ainſi qu'on eſt obligé de faire ordinairement.

Deux choſes ſont eſſentielles à obſerver, pour la place de la Bouſſole & de la tige de cuivre qui ſert d'Index. La premiere eſt de placer la Bouſſole de façon, que le diamêtre ſoit paralléle au côté AB de la Planche triangulaire ABC. Pour ce qui concerne la tige, on aura ſoin de mettre l'Index Z à deux branches, parfaitement dans le plan de la Girouette; car la Girouette étant tou-

jours dans le plan du lit du Vent, les bouts Y, V, y ſeront auſſi.

On obſervera que la branche de l'Index, qui marque les dégrés de la ligne du vent, eſt toujours celle qui eſt derriere la Girouette ; & que l'autre branche de l'Index doit toujours marquer le ſupplément à 180 dégrés, & cela pour ſervir de preuve à la juſte poſition.

Usage de cette Machine.

24. Pour ſe ſervir utilement de cette Machine, on choiſira dans le Vaiſſeau l'endroit le moins incommode pour la placer, & on aura ſoin, en la plaçant, que le diamêtre *a c* ſoit paralléle à la Quille du Vaiſſeau. Le point *a* ſera du côté de la Proue, & le point *c* du côté de la Poupe.

La Machine étant ainſi placée, ſi le bout de l'Index, conduit par le mouvement de la Girouette, ſe trouve au point Y, alors les dégrés de l'arc *a* Y ou l'an-

gle *a* 2 Y ſera l'angle de la ligne du Vent & de la route.

L'uſage de cette Machine n'eſt pas borné à nous faire connoître l'angle de la ligne du Vent & de la route, elle nous ſert encore à connoître celui du Méridien de la Bouſſole & de la Quille.

Le point E, qui repreſente le Nord de la Bouſſole ou de l'aiguille dirigée au veritable Nord du monde, étant le point où commencent les diviſions, l'angle E 2 C ſera celui de l'angle de la Quille du Vaiſſeau avec le Méridien.

On ne ſuppoſe ici aucune variation dans l'aiguille aimantée. Car ſi l'aiguille de la Bouſſole varie, par exemple, de 14 dégrés, il faudra ſouſtraire ou ajouter cet angle pour avoir le Méridien de la Bouſſole. On ſouſtraira les 14 dégrés, ſi l'aiguille varie de cette quantité du côté du point *a*; on les ajoutera ſi elle varie dans un ſens oppoſé, c'eſt-à-dire, vers *c*.

On fera ſagement, pour éviter les erreurs dans le rapport des angles de la

Bouſſole avec ceux de la boëte, de placer une regle ſur le centre de la Bouſſole, afin d'avoir la valeur préciſe de l'angle qu'on déſire de connoître.

Nous pouvons donc connoitre l'angle de la ligne du Vent & de la route : Tâchons à préſent de déterminer la ſituation la plus avantageuſe de la Voile.

CHAPITRE III.

Recherche de la ſituation la plus avantageuſe de la Voile ; comment on peut la déterminer, & de quelle façon on doit orienter les Voiles, ſuivant les angles les plus avantageux.

C'EST avoir déja fait un pas dans la ſolution d'un Problême, que d'être aſſuré qu'il eſt déterminé. Il nous ſuffiroit, pour nous convaincre de la réalité de ce progrès dans l'examen de celui-ci, de nous rappeller l'article 22. dans lequel nous avons vû, qu'entre tous les angles, qu'on

peut faire faire à la ligne du Vent & à la Voile, il y en a toujours un qui eſt le plus avantageux. Comme il eſt important d'être convaincu de cette verité, je vais la rendre plus ſenſible.

25. La force du Vent ſur les Voiles eſt exprimée par le quarré du ſinus de l'angle d'incidence du Vent ſur les Voiles; ainſi plus cet angle eſt grand, plus l'action du vent eſt grande; mais d'un autre côté, plus cette action eſt grande, plus la Ligne de la force mouvante approche d'une plus grande réſiſtance. Car la ligne du Vent étant A B, & la Voile diviſant toujours l'angle de la ligne du Vent & de la route en deux parties, plus l'angle A B D ſera grand, plus l'angle D B S ſera petit: or plus l'angle D B S diminue, plus l'angle E B S augmente, ces angles étant toujours complement l'un de l'autre: donc la Ligne de la force mouvante, trouve alors une plus grande réſiſtance. Il y a ici deux inconvéniens. Si l'angle du Vent & de la Voile eſt grand, l'action du Vent Figure 7.

eſt grande ; mais la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau l'eſt auſſi. Si nous diminuons l'angle de la ligne de la force mouvante, pour gagner ſur une moindre réſiſtance, nous diminuons l'angle du Vent ſur les Voiles. Quel contracte ! Ce qu'on perd d'un côté, on le gagne de l'autre ; & ce qu'on gagne par celui-ci, on le perd par celui-là.

26. Quelque grand que paroiſſe cet embarras, il ſeroit aiſé d'en ſortir ſi la réſiſtance, que le Vaiſſeau trouve en fendant l'eau par ſon côté, diminuoit en même raiſon que l'angle de la Ligne de la force mouvante & de la Quille. Voici encore un ſecond, ou un troiſiéme obſtacle. Ne perdons pas courage, malgré cette deſtruction apparente, il eſt cependant un milieu ; & on voit qu'on peut fort bien augmenter l'angle du Vent ſur les Voiles, autant qu'il eſt poſſible, ſans augmenter la réſiſtance dans un plus grand rapport, ou, ſi l'on veut, trouver une ſituation de Voiles par laquelle

le Vaiſſeau faſſe route avec la plus grande vîteſſe poſſible, pour tous les angles de la ligne du Vent & de la route. Tout cela eſt évident; & il eſt plus aiſé à le concevoir qu'à l'exécuter.

27. Le Chevalier *Renau* avoit crû, qu'il ne falloit pour cela, que connoître la difficulté, que le Vaiſſeau a à fendre l'eau par ſon côté, eu égard à celle qu'il trouve à la fendre par ſa pointe. Ce ſentiment parut vrai-ſemblable, ſans en être cependant moins faux.

28. M. *Huguens*, dans ſon dernier Paragraphe de ſa Remarque ſur le Livre du Chevalier *Renau*, inſerée dans la Bibliotheque univerſelle du mois de Septembre 1693. réleve ce ſentiment, & le fait dégénérer en erreur. Selon lui, on doit avoir égard à l'impulſion différente que reçoit le corps du Vaiſſeau par le Vent ſur-tout par le côté.

29. Le ſentiment de M. *Hugueus* n'eut pas un meilleur ſuccès que celui du Chevalier *Renau* auprès de M. *Bernoulli*;

car faiſant abſtraction de l'impulſion du Vent ſur les Voiles, il veut, qu'outre la raiſon des réſiſtances de l'eau contre le côté du Vaiſſeau & contre ſa pointe, on ait égard à ſa figure.

30. M. *Bernoulli* alla plus loin ; ce grand Homme reconnut, que M. *Huguens* étoit tombé dans un autre mépriſe. M. *Huguens* prétendoit que le ſentiment du Chevalier *Renau* ſeroit vrai, ſi les réſiſtances étoient en raiſon ſimple des vîteſſes, & de ce qu'elles étoient en raiſon doublée, il concluoit qu'il étoit faux. L'une & l'autre ſuppoſition ne détruiſent pas l'erreur du Chevalier *Renau*. C'eſt toujours à la figure du Vaiſſeau que M. *Bernoulli* vouloit avec raiſon qu'on eût égard, & c'eſt en cela que M. *Huguens* & le Chevalier *Renau* ſe trompoient.

Rien n'échappe à la ſagacité de M. *Bernoulli* ; il réleve les erreurs des erreurs : mais voyons quel eſt ſon ſentiment.

31. Ne diroit-on pas, qu'après ces

ſublimes diſputes, il devoit réſulter quelque choſe d'utile, & que ces ſentimens n'avoient été agités, que pour nous procurer quelque maniere de connoître cette réſiſtance que nous cherchons ici, & comment on devoit y avoir égard? Cependant quelque vaſtes qu'ayent été les ſpéculations à ce ſujet, le réſultat de ce travail a été de ſuppoſer la Dérive nulle, pour parvenir à la connoiſſance de la ſituation la plus avantageuſe de la Voile. Un Lecteur avide de découvertes, ſera ſans doute ſurpris du dénouement de cette Etude: Et en effet, qu'eſt-ce qu'on ne doit pas attendre lorſqu'on voit de ſi grands préparatifs? Si je ne puis ſauver cette ſurpriſe, je puis faire voir quel a été le fondement de cette ſuppoſition; je veux dire de la nullité de la Dérive: Je le crois néceſſaire à mon ſujet.

C'eſt en cherchant à comparer des quantités inconnuës à des quantités connuës, qu'on peut parvenir à la connoiſſance de ces premieres. Cette Méthode

a ſans doute engagé M. *Bernoulli* d'examiner la réſiſtance, que trouve en fendant l'eau un Vaiſſeau qui a la figure d'un parallélograme rectangle, pour trouver la difficulté qu'il y a à la connoître dans les autres.

32. Suppoſons qu'on veuille avoir la réſiſtance que trouve en fendant l'eau obliquement, un parallélograme rectangle A B D C. Pour cela remarquons que l'eau ne réſiſte pas ſeulement au côté A B, mais encore au côté B D; en ſorte que la réſiſtance que ce parallélograme trouve à fendre l'eau, & compoſée de la grandeur ſimple des ſurfaces A B, B D, & du quarré du ſinus des angles d'incidence ſur chaque côté. Si l'on développe par ce moïen ces deux efforts en les décompoſant, & qu'on prenne une moïenne proportionelle entr'eux, cette moïenne proportionelle ſera la tangente de l'angle de la Dérive. On trouvera cette propoſition démontrée dans la Théorie de M. *Bernoulli*, page 10.

Figure 8. Planche II.

Cela poſé, ſi le côté B D du parallélograme étoit infiniment petit, la moïenne proportionnelle ſeroit infiniment petite, & par conſéquent la Dérive infiniment petite, & même nulle. Ainſi dans les Vaiſſeaux ordinaires la réſiſtance de l'eau contre la pointe étant regardée comme infiniment petite, la Dérive ſera nulle.

Peut-être on ne ſera pas ſatisfait de cette ſuppoſition, elle n'eſt cependant pas ſi erronnée, dans l'application, qu'elle le paroît.

33. Dépouillons-nous ici de tout préjugé, & examinons ſérieuſement quel eſt le meilleur parti, qu'on puiſſe prendre pour déterminer la ſituation la plus avantageuſe de la Voile.

Je ne conſidére point la réſiſtance du Vaiſſeau par ſon côté ou par ſa pointe; j'en fais abſtraction pour un moment. Je m'attache ſeulement à faire faire à la Voile un angle avec la ligne du Vent, qui donne le plus grand effort poſſible, que puiſſe faire la ligne de la force mouvante

ſur le Vaiſſeau. C'eſt-là, je penſe, tout ce qu'on peut faire de mieux.

34. Soit CD une ſituation de Voiles, BE la Ligne de la force mouvante, il s'agit de trouver la plus grande force que puiſſe faire cette ligne ſur le Vaiſſeau. Si l'on décompoſe cette force en deux dont l'une BF ſoit latérale, & l'autre FE perpendiculaire, on verra que le Vaiſſeau ne ſauroit ſe mouvoir ſelon la perpendiculaire ; il n'y a donc que la force latérale qui agiſſe : or cette force latérale ſera d'autant plus grande, par rapport à la perpendiculaire, que l'angle du Vent ſur les Voiles ſera aigu. La force abſoluë de la Ligne diminuera, de même que l'angle du Vent ſur les Voiles : il eſt donc néceſſaire de prendre un milieu. M. *Pitot* l'a déja fait : Voici ſon raiſonnement.

Figure 7. 35. AB étant la Ligne du Vent qui fait avec une ſituation quelconque de la Voile l'angle ABD, il eſt évident que ſi l'on prend BD pour ſinus total, DI

ſera le Sinus de l'angle d'incidence du Vent ſur la Voile. Menons BE perpendiculaire à la Voile, & EF perpendiculaire à la Quille, ainſi que nous avons déja fait; ſi BE eſt l'expreſſion de l'effort avec lequel le Vaiſſeau eſt pouſſé dans la direction BE, BF ſera l'expreſſion de la force latérale avec laquelle il eſt pouſſé dans la direction de BS de la route; d'où il ſuit que l'angle le plus avantageux de la Voile, ſera celui qui donnera la plus grande force latérale exprimée par BF; ce qu'on trouvera en cherchant l'expreſſion de BF pour en prendre le *Maximum* par la Méthode du Calcul différentiel.

On peut voir ce Calcul dans la Théorie de M. *Pitot*, Section III. page 12. On trouvera auſſi le même Calcul, ſelon une méthode peu différente de l'autre, dans les Mémoires de l'Académie de 1727. par le même Auteur.

36. C'eſt ainſi que M. *Pitot* a calculé une Table des ſituations les plus avantageuſes de la Voile, pour tous les angles

de la Ligne du Vent & de la route? Quelles obligations ne doit-on pas avoir à cet illuſtre Académicien, lorſqu'on conſidére le long & pénible travail dans lequel on auroit été engagé pour ſituer les Voiles le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible, dans tous les changemens de ceux de la Ligne du Vent & de la route? Il ne faut aujourd'hui, pour réſoudre ce Problême, qu'avoir des yeux. Par la Table de M. *Pitot*, on trouve d'un coup d'œil les angles les plus avantageux de la Ligne du Vent & de la Voile, pour tous ceux de la Ligne du Vent & de la route. Un avantage ſi conſidérable m'engage à enrichir cette nouvelle Théorie de cette Table, ſans laquelle je me voyois engagé à en conſtruire une, qui, quoique faite avec le même zèle, n'auroit peut-être pas eu le même ſuccès.

M. *Pitot* diviſe ſa Table en ſix colonnes, dont deux contiennent les angles de la Ligne du Vent & de la route, & les quatre autres renferment les angles

les

les plus avantageux, tant de la ligne du Vent & de la Voile, que ceux de la Voile & de la Quille.

37. La Table, que je rapporte ici, eſt la même que celle de M. *Pitot*, avec cette ſeule différence, qu'au lieu de la diviſer en ſix colonnes, je ne l'ai diviſée qu'en quatre. J'ai cru, que je pouvois ſupprimer les deux qui renferment les angles plus avantageux de la Voile & de la ligne du Vent; parce que la Voile diviſant toujours l'angle de la ligne du Vent & de la route en deux parties, il eſt évident que l'angle de la Voile & de la Quille étant connu, on connoît néceſſairement l'autre. Par exemple, l'angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille eſt d'un dégré 20 minutes, lorſque l'angle de la ligne du Vent & de la route eſt de 4 dégrés; on doit conclure, que l'angle de la ligne du Vent & de la Voile eſt de 2 dégrés 40 minutes, puiſque la ſomme de ces deux angles doit faire la valeur de l'angle de la ligne du Vent & de la route.

Nous pouvons donc nous paſſer de ces deux colonnes. Voici l'ordre que j'ai obſervé dans la poſition des quatre.

38. J'ai d'abord mis dans la premiere colonne les angles de la ligne du Vent & de la route calculés de 3 en 3, comme a fait M. *Pitot;* ce qui eſt ſuffiſant pour la pratique; de ſorte que ces angles commencent par 4 en haut, & finiſſent en augmentant juſqu'à 90. La ſeconde contient les angles les plus avantageux de la Voile & de la Quille, qui répondent à cette premiere. Dans la troiſiéme eſt renfermée la ſuite des angles de la ligne du Vent & de la route, en commençant par 90. en bas, & augmentant en haut juſqu'à 176. Enfin, la quatriéme a été deſtinée pour les angles les plus avantageux de la Voile & de la Quille, qui répondent à cette troiſiéme colonne.

39. Cette Table n'a pas été pouſſée plus loin, parce qu'on eſt parvenu juſqu'au plus petit angle, que la route puiſſe faire avec le Vent, paſſé lequel, ſi on vouloit

ſerrer le Vent de plus près, on augmenteroit la Dérive dans un plus grand rapport, ainſi que nous avons déja vû.

40. La conſtruction & l'ordre de cette Table étant expliqués, il nous reſte à en développer l'uſage.

On connoît l'angle de la ligne du Vent & de la route, on demande l'angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.

Cherchés dans les colonnes de l'angle de la route & de la ligne du Vent, l'angle connu, & voyés quel eſt l'angle qui lui répond; ſon correſpondant ſera l'angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.

L'angle de la ligne du Vent & de la route eſt de 22 dégrés, on veut connoître l'angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.

L'angle de la ligne du Vent & de la route étant trouvé, ſon correſpondant dans la colonne de l'angle le plus avantageux de la Voile eſt de 7 dégrés 22

minutes; on aura donc, en negligeant les minutes, 7 dégrés pour la valeur de l'angle qu'on cherchoit.

Mais ſi on propoſe un angle de la ligne du Vent & de la route, qui ne ſoit pas dans la Table, il faut alors prendre le plus approchant.

L'angle de la ligne du Vent & de la route eſt de 29 dégrés ; on ſouhaite l'angle de la Voile & de la Quille.

Comme cet angle ne ſe trouve pas dans la Table, on prendra le plus approchant qui eſt 28, & on aura 9 dégrés pour la valeur de l'angle cherché.

41. Par l'uſage de cette Table nous aurons aiſément les angles les plus avantageux de la Voile & de la Quille ; il eſt queſtion maintenant d'orienter les Voiles ſelon ces angles. M. *Pitot* a obſervé cette difficulté dans ſa Théorie réduite en pratique, page 118.

» Je prévois, dit-il, que les Marins » trouveront des difficultés pour orienter » les Voiles, ſuivant les angles marqués

dans les Tables ; mais je me perſuade, « que les Manœuvriers, qui aiment leur « Art, préfereront de juſtes détermina- » tions à une pratique aveugle, & trou- « veront des moïens de faire faire aux « Vergues & à la Quille du Vaiſſeau à « peu près les angles des Tables, qui ſont « les plus avantageux, pour faire une « route donnée. Je dis à peu près, car « ce ſera toujours beaucoup de détermi- « ner ces angles à 4 ou 5 dégrés près. «

La crainte de pouvoir réuſſir à trouver des moïens, pour lever cette difficulté, après que l'ingenieux Académicien en a laiſſé la ſolution à l'intelligence des Marins, me décourageroit dans la réſolution que j'ai pris d'haſarder une maniere de déterminer ces angles, ſi la ſimplicité de ma méthode ne ſembloit exiger qu'on en fît l'épreuve, avec d'autant plus de raiſon, qu'elle nous fournit un moïen de déterminer ces angles à 10 minutes près.

42. Soit ABCD le troiſiéme Pont

Figure 9. d'un Vaiſſeau ; A B une ligne paralléle à la Quille, & qui diviſe par conſéquent le Pont en deux également. Ayez un cercle de bois coupé en deux parties diviſées chacune en 180 dégrés, ainſi qu'elles ſont répréſentées par les demi-cercles M N O, P Q R : Ajuſtés ces demi-cercles ſur le Pont, en ſorte qu'ils forment un cercle entier, dont un Mât ſoit au centre ; arrêtés ce cercle avec des écrous ou autrement, afin qu'il ſoit bien fixe. Si l'on met ainſi un cercle à tous les Mâts, on aura un moyen aiſé de faire faire aux Vergues les angles qu'on voudra.

Attachés à la Vergue marquée *X* une ficelle V chargée d'un gros plomb T, qui ſe termine en pointe. Je ſuppoſe qu'on veuille que la Quille & la Vergue faſſent un angle de 10 dégrés ; prenés 10 dégrés ſur le cercle en commençant par les diviſions de la ligne A B, qui répréſente la Quille, & qui coupe le cercle diamêtralement. Ces dégrés étant

fixés, amenés la Vergue *x* de façon que le plomb ſoit perpendiculaire ſur le dégré, c'eſt-à-dire, ſur le 10e dans cet exemple. La Vergue ſera ainſi avec la Quille l'angle qu'on ſouhaite. Si l'on diviſe les cercles, qui ſont aux pieds des Mâts, en minutes de 5 en 5, ou de 10 en 10, on fera faire à la Vergue les angles qu'on voudra à 5, ou à 10 minutes près.

On pourra ſe ſervir à la place de la ficelle, d'une Perche bien droite, qu'on appliquera ſur les dégrés & minutes déterminées; & pour lors on fera tourner la Vergue, juſqu'à ce qu'elle ſoit arrêtée par la Perche. Il faudra bien prendre garde, quand on ſe ſervira de la Perche, de la tenir perpendiculaire au cercle.

La Vergue *X* étant ainſi arrêtée, il ne ſera pas difficile de regler ſur elle toutes les autres; & d'orienter ainſi que les Voiles du grand Mât, celle du Mât de Miſene, d'Artimon, &c. Il me ſemble que ſi on apporte quelque ſoin dans ces opérations, on déterminera à quelques

minutes près les angles les plus avantageux de la Voile & de la ligne du Vent, ſuivant la Table.

43. Par les connoiſſances, que nous venons d'acquerir, nous ferons aller un Vaiſſeau avec toute la vîteſſe poſſible, puiſque nous ſituons les Voiles dans leurs meilleures ſituations. Il ne nous manque maintenant, pour ſoumettre tous les mouvemens du Vaiſſeau à des regles, qu'à le faire tourner avec toute la force dont il peut ſe mouvoir. Nous aurons recours pour cela aux propriétés du Gouvernail, & à ſa ſituation la plus avantageuſe.

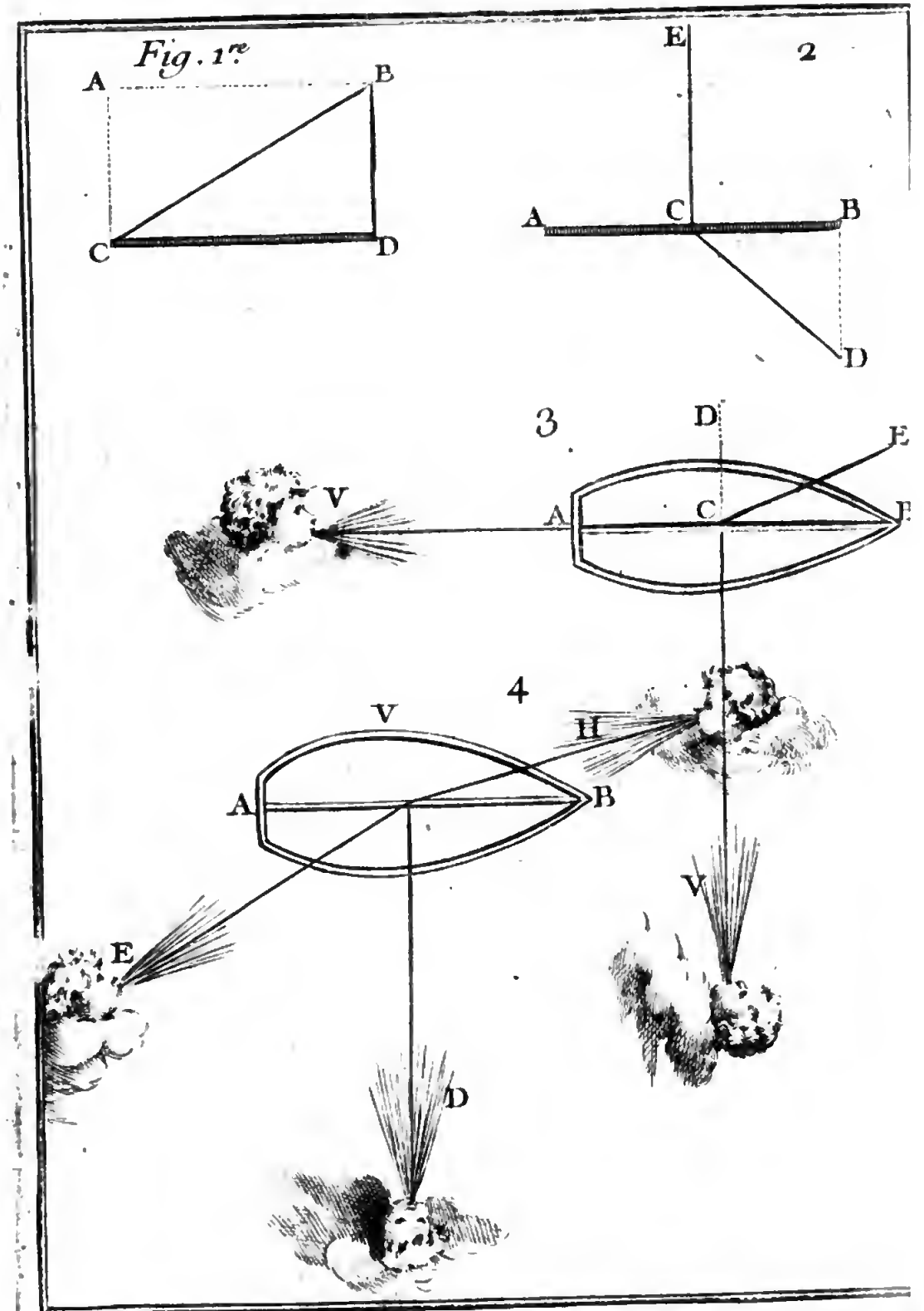


Fig. 1re
A
B
C
D
E
2
A
C
B
D
3
D
E
V
A
C
B
4
V
H
A
B
E
V
D

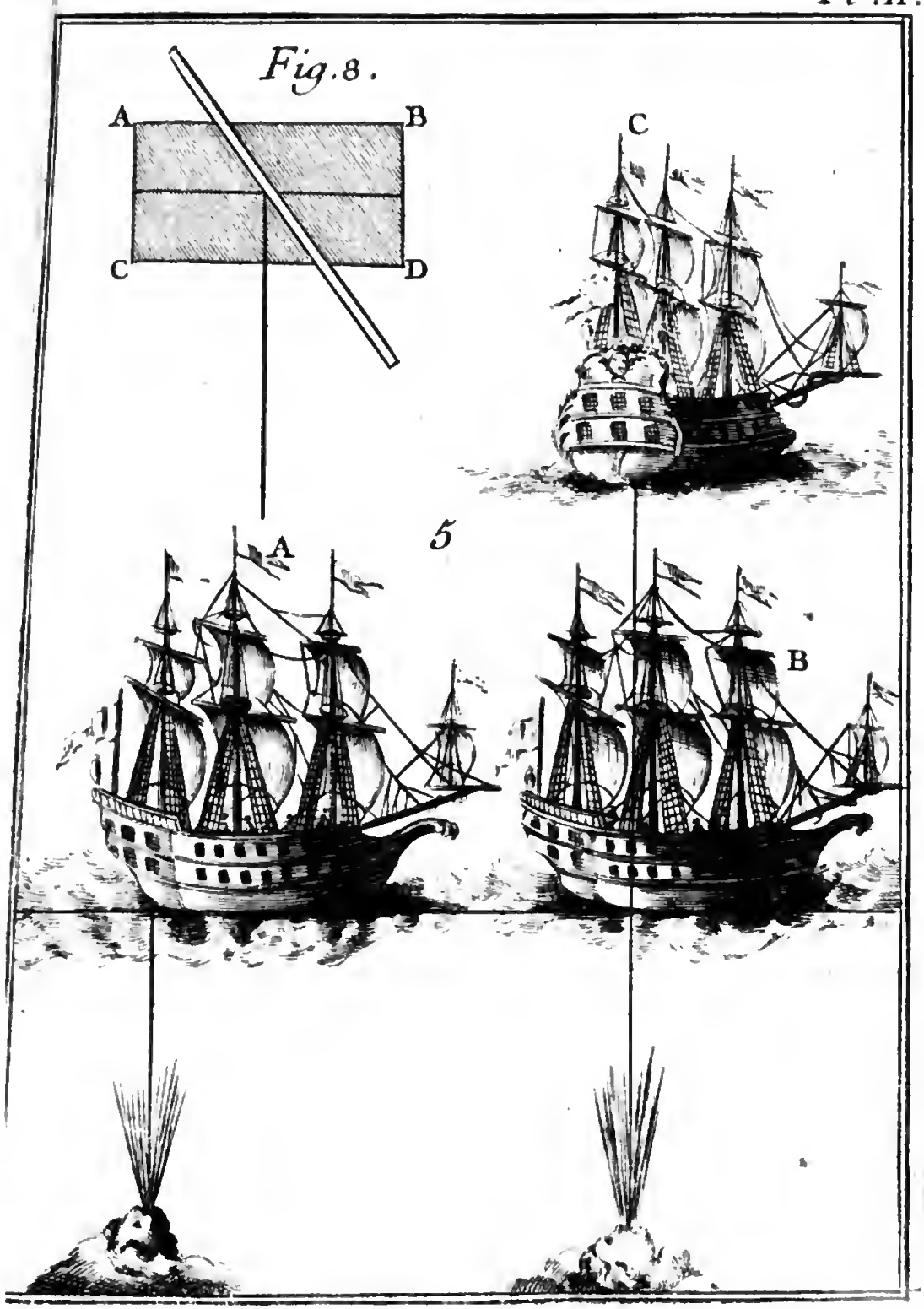


Fig. 8.
A
B
C
D
C
A
B
5

CHAPITRE IV.

Du Gouvernail ; quels ſont les Agens de ſa force, & quelle eſt ſa ſituation la plus avantageuſe.

44. ON voit ſans étonnement de grandes cauſes produire de grands effets, mais on ne voit pas avec la même tranquillité de grands effets produits par des cauſes très-petites : ceux du Gouvernail ſont du genre de ces derniers. La proprieté qu'un petit morceau de bois a de mouvoir une maſſe auſſi lourde que celle d'un Vaiſſeau, dont le poids eſt ſouvent de plus d'un million de livres, ne doit pas être un petit ſujet de ſurpriſe pour ceux, qui ne voïent ſes effets que par les yeux du corps. Rien n'eſt plus agréable, lorſqu'on connoît les loix des impulſions des fluides, que la vûë de ces admirables diſputes, ou pour mieux dire, de ces différens

ſentimens de *Blancanus*, d'*Ariſtote*, & de quelqu'autres Philoſophes de l'Antiquité, ſur l'explication de la force du Gouvernail. On eſt ſurpris de leur ignorance ſur ce point. Les raiſons qu'on en doit donner nous paroiſſent ſi ſenſibles, que nous croïons avoir lieu de voir avec une ſorte d'étonnement, qu'on ne les ait pas appercuës. Une choſe qu'on ſait eſt toujours très-aiſée, quelque difficile & quelque compliquée qu'elle ſoit dans le fond; de même celle qu'on ignore paroît toujours très-difficile, quoique ſouvent bien ſimple. C'eſt ainſi que nous regardons avec ſurpriſe les erreurs de ces Philoſophes; & que peut-être on verra dans la ſuite avec moins d'égards la plûpart de nos explications ſur différens phénoménes.

45. Pour connoître la cauſe des ſurprenans effets du Gouvernail, nous conſidérerons dans ſon action deux forces par leſquelles le Vaiſſeau eſt mû : 1°. La force de l'homme qui pouſſe le Timon

ou la Barre à ſtribord ou à babord, c'eſt-à-dire, à droite ou à gauche: 2°. La force de l'eau qui pouſſe le Gouvernail avec une vîteſſe égale à celle du Vaiſſeau; c'eſt principalement de cette ſeconde force que dépend le mouvement du Navire.

46. Quoique M^rs. *Huguens*, le Chevalier *Renau*, *Bernoulli*, nous faſſent aſſez connoître qu'ils ont regardé cette premiere force comme nulle, eu égard à la ſeconde, il nous paroît cependant qu'on doit faire attention à cette premiere force, qui eſt effectivement réelle, comme on en peut juger par les preuves ſuivantes.

47. Rien n'eſt plus aiſé à découvrir que la réalité de la force de l'homme, pour faire virer le Vaiſſeau, quand on fait attention à la réſiſtance des fluides contre une ſurface; & il n'eſt pas difficile d'en conclure que plus le Gouvernail tournera vîte, plus il fera effort ſur le Vaiſſeau.

Par le principe 13, les réſiſtances ſont comme le quatré des vîteſſes: or la force

de l'homme appliquée au Timon, regle le mouvement du Gouvernail ; le mouvement du Gouvernail accelere celui de l'eau : donc l'effort du Gouvernail ſur le Vaiſſeau doit être plus grand, & par conſéquent la vîteſſe avec laquelle le Vaiſſeau vire à ſtribord ou à babord, doit augmenter ſelon la force de l'homme. Développons cette verité.

48. Suppoſons que le Vaiſſeau étant en mouvement, le Gouvernail ſoit dans l'inaction, c'eſt-à-dire, paralléle à la Quille ; le Gouvernail ne recevra en cet état aucune impulſion de l'eau, qui coule par une direction ſenſiblement paralléle à la Quille. Changeons la ſituation du Gouvernail.

Figure 10. Soit B C la premiere ſituation qui ne reçoit aucune impulſion, ſi l'on meut le Gouvernail pour le mettre dans la ſituation D B, alors l'eau G E trouvant le Gouvernail à ſon paſſage, le pouſſera, 1°. ſelon ſa vîteſſe, 2°. ſelon le quarré du ſinus de l'angle d'incidence : ce ſera l'effet de la ſeconde force.

Mais cette ſeconde force eſt accelerée par le mouvement du Gouvernail ; car, par le premier principe, on peut attribuer la force ou la vîteſſe du Gouvernail contre l'eau, à celle de l'eau contre le Gouvernail ; & de ce que cette force eſt une impulſion qui augmente comme le quarré de la vîteſſe du Gouvernail, il ſuit que le Vaiſſeau virera d'autant plus vîte, que le Timon ou la Barre tournera plus promptement, & par conſequent que la force appliquée au Timon ſera grande.

49. Il eſt conſtant que la force de l'homme qui agit ſur le Timon, que Mrs *Huguens*, le Chevalier *Renau*, *Bernoulli*, avoient négligée, merite d'autant plus notre attention, que cette force a plus d'avantage. Celle de l'eau contre le Gouvernail n'a lieu que lorſque le Vaiſſeau fait route, au lieu que celle de l'homme eſt emploïée, ſoit que le Vaiſſeau faſſe route, ou qu'il ſoit en repos.

50. Quoique les grands Hommes que nous venons de nommer, ayent paſſé ſous

ſilence une force ſi réelle, il n'y a cependant aucun doute qu'ils ne l'ayent compriſe dans la force abſoluë de l'eau contre le Gouvernail; ce qui ne ſauroit cauſer aucun changement, puiſqu'il eſt indifférent d'attribuer cette force à l'eau ou au Gouvernail (principe 1er.) Il eſt vrai qu'ils auroient averti les Manœuvriers d'accelérer le mouvement du Timon, pour donner une plus grande force au Gouvernail, & pour faire virer le plus promptement qu'il eſt poſſible, s'ils avoient fait attention à cette force, puiſqu'un mouvement double ou triple, donne une force quatruple ou neuf fois plus grande; ce qui eſt très-conſidérable.

51. Quant à la recherche de la ſituation la plus avantageuſe du Gouvernail, ils n'ont fait attention qu'au ſinus de l'angle d'incidence de l'eau ſur le Gouvernail: c'eſt dans cette recherche le ſeul objet auquel on doive avoir égard. De ce qu'on peut regarder la viteſſe du

Vaiſſeau comme uniforme, il doit réſulter que pour virer le plus promptement qu'il eſt poſſible, il n'y a qu'à trouver le ſinus de l'angle d'incidence, qui donne l'impreſſion la plus forte à la Quille; & on aura ainſi la ſituation la plus avantageuſe du Gouvernail. Pour trouver cette ſituation, nous fixerons notre imagination ſur la Figure.

52. Soit AB la Quille d'un Vaiſſeau, BD le Gouvernail dans une ſituation quelconque faiſant avec la Quille un angle de tant de dégrés qu'on voudra. Quoique le Gouvernail ſoit frappé en tous les points, on peut ſuppoſer l'effort de l'eau réuni au point D; d'où il ſuit, que la détermination, ſelon laquelle le Gouvernail ſera pouſſé, ſera ſelon une perpendiculaire élevée à l'extrêmité de la ligne BD. Si l'on prolonge la Quille AB juſqu'en M, le ſinus de l'angle d'incidence DMB, de la ligne DM, exprimera la force de l'impreſſion du Gouvernail contre la Quille. Cette Figure 11.

force augmentera ſelon la grandeur du ſinus de cet angle. Mais l'impreſſion de l'eau contre le Gouvernail croît en raiſon doublée des ſinus des angles d'incidence : (principe 8.) donc la force abſoluë du Gouvernail contre la Quille, pourra être exprimée par le produit du quarré du ſinus de l'angle GDB, par le ſinus de l'angle DMC. & en général on exprimera la force de l'impreſſion du Gouvernail ſur la Quille du Vaiſſeau, par le produit du quatré ſinus de l'angle d'incidence de l'eau contre le Gouvernail par le ſinus de l'angle de la ligne de la détermination avec la Quille.

53. L'angle du Gouvernail & de la Quille eſt ſuppoſé de 54 dégrés ; l'angle d'incidence de l'eau contre le Gouvernail ſera à cauſe des paralléles AM, DG égal à ſon alterne BDG ; d'où il ſuit, que l'angle du Gouvernail & de la Quille ou de la route, ſera toujours égal à l'angle d'incidence de l'eau contre le Gouvernail.

54. Mais

54. Mais l'angle D B M étant ſuppoſé de 54 dégrés, ſon complement D M B, qui eſt l'angle d'incidence de la ligne de la détermination avec la Quille, ſera de 36, l'angle de M D B étant droit : donc ſi nous multiplions le quarré du ſinus de 54 dégrés par le ſinus de 36, nous aurons 423320249335 16 pour l'impreſſion de la force du Gouvernail contre la Quille. Suppoſons l'angle du Gouvernail de 55 dégrés ; multiplions, comme auparavant, le quarré du ſinus de cet angle, par le ſinus de l'angle de 35 dégrés ſon complement, la force de l'impreſſion du Gouvernail contre la Quille ſera 829260358915 50. Cette force eſt beaucoup plus grande que la précedente. Voyons, ſi en augmentant l'angle du Gouvernail avec la Quille & en faiſant la même opération, nous aurons une plus grande force. Faiſons cet angle égal à 56 dégrés ; je veux dire l'angle du Gouvernail & de la Quille ; le quarré de ſon ſinus multiplié par ſon ſinus complement 34,

donnera 422075 13496704. Cette troiſiéme force ainſi exprimée nous fait voir, que l'augmentation de l'angle au-deſſus de 55 dégrés donne une force moindre ; & puiſqu'en diminuant ou en augmentant l'angle de 55 dégrés, on diminuë en force, il eſt évident, que l'angle de 55 dégrés eſt le plus avantageux.

Si l'on ſe donne la peine de faire ces calculs pour toutes les ſituations du Gouvernail, on pourra connoître les efforts du Gouvernail dans toutes ſes ſituations, & on trouvera en même tems pour l'angle le plus avantageux 54 dégrés 44 minutes.

55. Je ne ſai point, ſi on peut appeller ce raiſonnement une Démonſtration ; ſi c'en eſt une, je ſerois d'avis qu'on la nommât *Démonſtration oculaire ;* puiſqu'il ne s'agit que de voir pour la comprendre. Si ceux, qui ignorent l'Analyſe, doivent s'en contenter ; ceux, qui la ſavent, peuvent s'en procurer une, qui, ſans

être plus certaine, ſera plus ſatisfaiſante.

56. Afin que le Gouvernail faſſe preciſément cet angle avec la Quille, il faut mettre un Taquet à 54 dégrés 44 minutes du cercle, qui ſoutient la Barre du Gouvernail; afin que la Barre du Gouvernail, ou le Timon ſoit toujours arrêtée par cette marque.

57. Le Chevalier *Renau* eſt le premier, qui a trouvé l'angle le plus avantageux du Gouvernail avec la Quille. Il en avoit paru douter dans la diſpute qu'il avoit eue avec M. *Huguens*, où il s'étoit retracté; cependant cette verité, que le feu de la querelle lui cachoit, a été confirmée & démontrée par Mrs *Huguens*, *Parent*, *Guinée*, le Pere *Hoſte*, *Bernoulli*, *Pitot*. C'eſt donc à lui que nous ſommes redevables de cette découverte ſi importante dans la Manœuvre.

58. On aura dû s'appercevoir dans le calcul de l'angle plus avantageux du Gouvernail, que nous avons ſuppoſé, de

même que Mrs le Chevalier *Renau*, *Huguens*, *Bernoulli*, *Pitot*, la Dérive nulle; car le Vaiſſeau ne vire pas par une direction perpendiculaire au Gouvernail, ainſi que nous l'avons ſuppoſé; mais par une autre, qui fait un angle plus ou moins aigu, ſelon la réſiſtance de la courbe du Vaiſſeau, contre laquelle l'eau fait effort. On ne peut donc pas dire à la rigueur, que l'angle, que nous avons déterminé, ſoit le plus avantageux. Il faudroit, pour qu'il fût tel, avoir égard à cette réſiſtance. Ce défaut eſt ſi peu conſidérable dans la pratique, qu'il ſeroit inutile d'y faire attention. D'ailleurs il nous ſuffit de connoître quel eſt le plus grand effort de l'impulſion, qui agit contre le Vaiſſeau, pour que nous devions être ſatisfaits.

59. Lorſque les principes manquent, les choſes les plus ſimples paroiſſent les plus difficiles. Les effets du Gouvernail nous avoient ſurpris, & par les connoiſſances, que nous venons d'acquérir, rien n'eſt plus aiſé à concevoir & à expliquer.

Fig. 6.

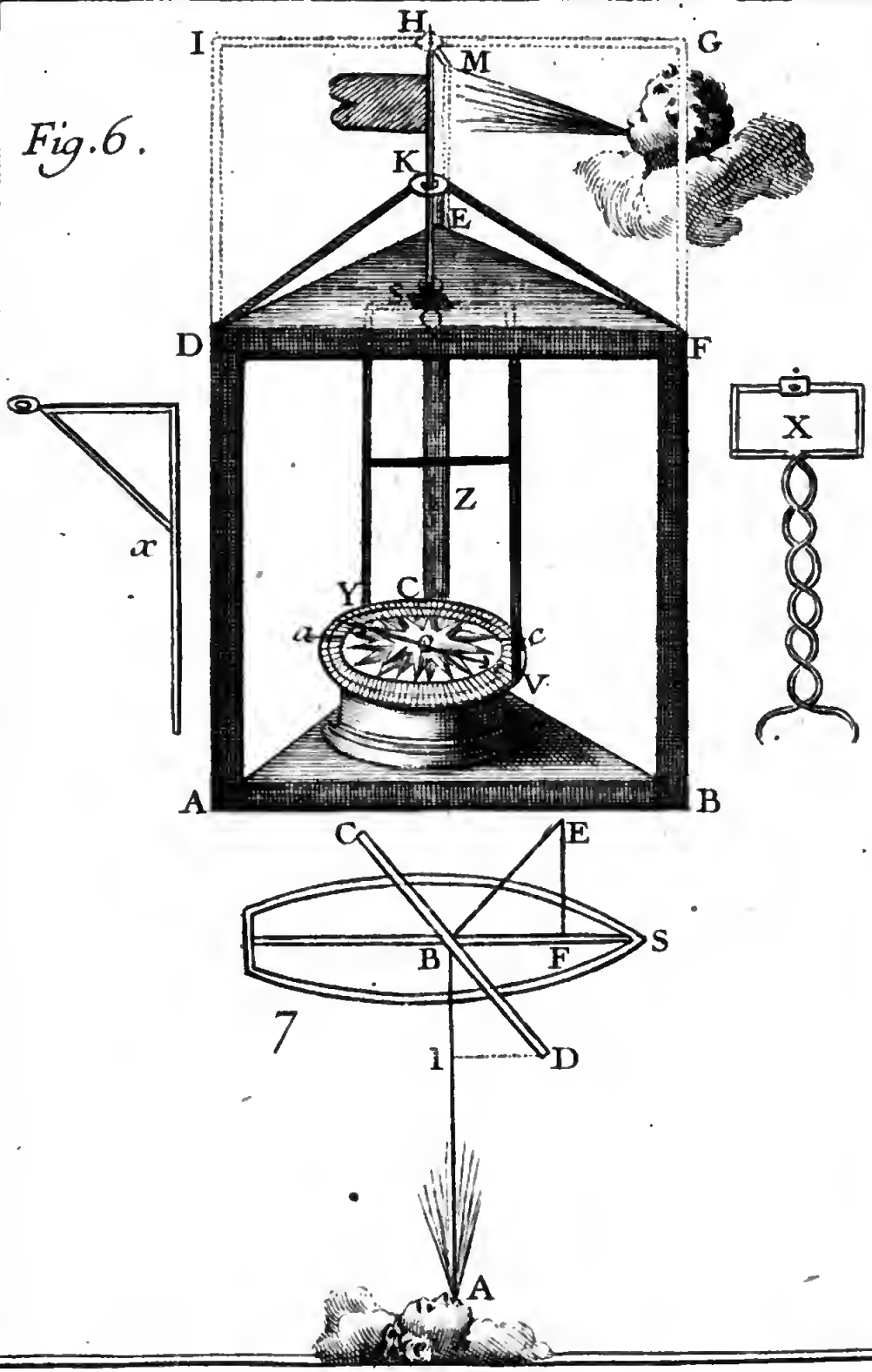
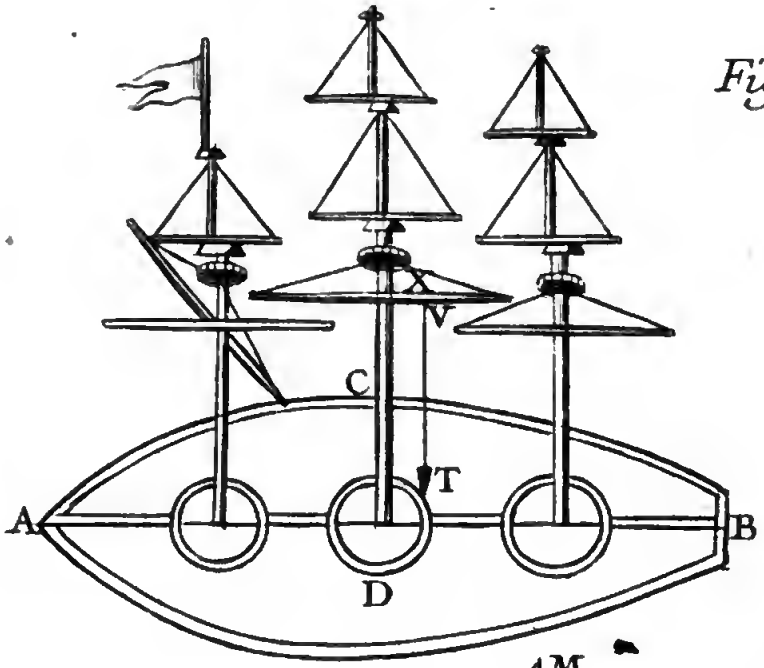
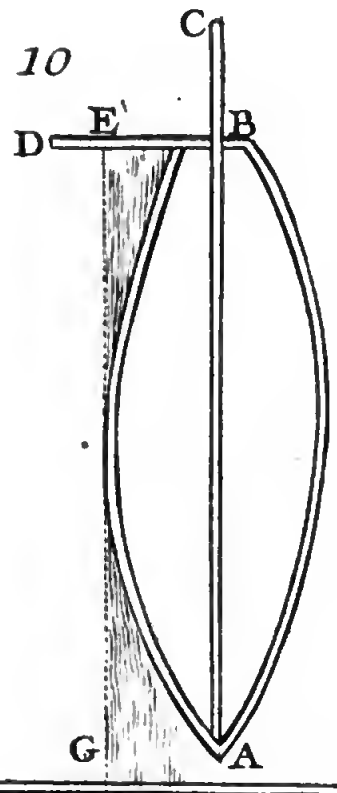
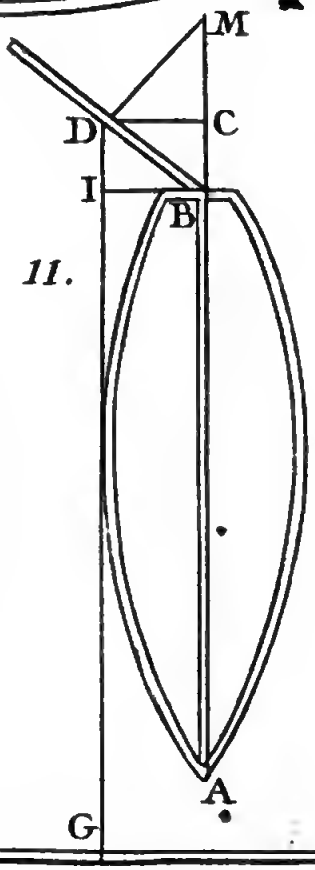
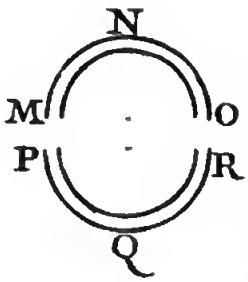


Fig. 9.









Oh que les Philoſophes voyent les effets, que la Nature preſente, bien différemment des autres hommes ! Les ſecrets, les plus cachés aux yeux d'un homme, ſont ſouvent pour un Philoſophe des faits très-connus & très-familiers. Ce qui paroît un myſtere incompréhenſible pour celui-ci devient, pour ainſi dire, un jeu pour celui-là.

CHAPITRE V.

De la Rame & de la Pagaïe. Du calcul de la force & du parallèle des deux. De la poſition la plus avantageuſe de la Rame ſur le Batteau.

LEs principaux mouvemens d'un Vaiſſeau ſont de deux ſortes : Celui par lequel il fait route, & celui par lequel il vire à ſtribord & à babord. Pour diriger le premier le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible, il faut ſavoir quels ſont les angles les plus avantageux des

Voiles ; pour déterminer le ſecond, il eſt néceſſaire de connoître l'action & les effets du Gouvernail.

Les deux Chapitres précedens nous ont procuré ce double avantage. Il ſemble, qu'il eſt aſſez naturel, qu'on doive déterminer cet examen ; mais ſi nous connoiſſons les Agens des mouvemens du Vaiſſeau, pouvons-nous nous flatter de connoître ceux des Batteaux & des Galeres ? La Manœuvre des uns & des autres eſt aſſez importante, pour que nous ne devions pas la négliger. Leurs mouvemens ſont dirigés au défaut du Vent par la Rame. C'eſt une Machine, qui a beaucoup de rapport au Gouvernail, qui n'eſt pas moins curieuſe dans ſes effets, & qui ne nous peut fournir que des réfléxions utiles par ſon Mécaniſme.

60. Rien ne paroît plus ſimple, & rien n'eſt plus difficile à déterminer que les effets de la Rame. Les diverſes conſidérations, auſquelles il eſt important d'avoir égard, ſemblent priver un Géometre de

la ſatisfaction qu'il pourroit retirer de ſon travail. Mon deſſein eſt d'obſerver ici une rigoureuſe exactitude. Je poſerai des principes, j'en déduirai des raiſons, & j'avertirai des circonſtances, qui pourront porter quelqu'ombrage à mes concluſions.

61. Parmi une quantité de Problêmes, que les effets de la Rame préſentent à l'eſprit, deux importans ſemblent par leur utilité emporter la préference ſur les autres. Déterminer par des raiſonnemens également clairs & ſolides : 1°. La force, qui fait avancer un Batteau, eu égard à celle que l'homme employe dans l'action de la Rame : 2°. Trouver quelle eſt la longueur la plus avantageuſe qu'il faut donner à la Rame depuis l'Apoſtis, ou le Point du Batteau ſur lequel la Rame tourne, juſqu'au Point où l'homme doit appliquer ſes mains, c'eſt développer dans deux propoſitions la baſe du Mécaniſme de la Rame.

Figure 12. 62. Soit A B un Batteau mis en mouvement par l'action de la Rame C D ; la force de l'eau, qui frappe la Pale en tous ſes points, étant réunie au point D centre de la Pale, il eſt queſtion de déterminer la force avec laquelle le Batteau eſt pouſſé, eu égard à celle que l'homme employe, en tirant le bout C de la Rame.

63. Pour connoître cette force, nous remarquerons, que la Rame doit être conſidérée ici comme un Levier du ſecond genre ; car le point d'appui ou l'Hypomoclion, eſt dans l'eau ; le poids, qui eſt le Vaiſſeau, au point de l'Apoſtis ; & la puiſſance aux extrêmités de la Rame où les mains de l'homme ſont appliquées.

64. Cela poſé, il eſt évident, par les proportions du Levier du ſecond genre, que l'homme fera d'autant plus d'effet, que P D ſera moindre que C D, d'où l'on tirera cette proportion : P D eſt à C D, comme la force de l'homme eſt à

un quatriéme terme, c'eſt-à-dire, à la force multipliée par CD, diviſée par PD.

PD eſt de 12, CD de 20; CP ſera de 8 : ſuppoſons la force de l'homme de 36 livres, nous aurons 12 eſt à 20 comme 36 eſt à $\frac{36 \times 20}{12}$ égale à 60. Ce quatriéme terme exprimera la force apparente avec laquelle le Batteau eſt pouſſé par une force de 36, & un Levier de 8.

65. Mais ſi l'on fait attention à l'action du Rameur, on verra, que dans le tems qu'il fait effort pour tirer l'extrêmité C de la Rame dans la direction CT, il en fait un pareil avec les pieds dans une direction oppoſée ; de ſorte que pour avoir la véritable force avec laquelle le Batteau eſt pouſſé dans la direction CT, il faut ſouſtraire celle, qui tend à le pouſſer dans une direction contraire. Ainſi ôtant de 60 qui eſt la force totale, 36 qui eſt la force contraire, on aura 24 pour la vraïe force qui fait avancer le

Batteau. On appelle cette force oppoſée *Réaction.*

66. Il eſt peu de perſonnes qui ſe ſoient aviſées de nier la réaction dans l'action de la Rame ; cependant parmi ce petit nombre quelques-unes, qui méritent des égards, m'ont dit, qu'elles avoient de la peine à la concevoir ; puiſqu'on fait avancer un Batteau en levant les pieds avec vîteſſe, & que par conſéquent on ne fait point effort dans une direction oppoſée. Il ſeroit, je crois, fort inutile de déduire ici toutes les raiſons, qu'elles m'ont données pour ſoutenir leur erreur. Comme il peut s'en trouver, parmi les Lecteurs, qui ſont dans le même ſentiment, je ferai pour elles ſeulement, deux legeres réflexions.

67. 1°. On ne ſauroit agir en tirant la Rame dans une direction C T, les pieds étant levés, ſans pouſſer le derriére dans une direction oppoſée. Voilà donc une réaction. 2°. Comme on ne peut faire avec le derriére un effort auſſi grand, que

celui que l'on fait avec les pieds, il ſuit, que l'action eſt moindre, par conſéquent la vîteſſe du Batteau. En général c'eſt un axiome de Mécanique qu'*il n'y a point d'action ſans réaction.*

68. Les Sauvages de l'Amérique méridionale ſe ſervent, pour faire nâger leur Pirogue (1) d'une eſpece de Rame, qui n'a point d'appui ſur le Batteau. On nomme cette eſpece de Rame *Pagaïe*. Voici la façon dont on l'employe.

69. Lorſqu'on veut mettre la Pagaïe en uſage pour faire avancer le Batteau dans une direction EM, au lieu de l'aſſeoir ſur le Banc B, en tournant le dos à la direction du Batteau, on ſe tient débout ſur le Banc P, en regardant l'endroit où l'on veut aller; on prend par une main l'extrêmité C de la Pagaïe, on la tient par l'autre à quelque point comme F. Les mains étant ainſi placées, on porte la Pale de la Pagaïe en R, pour lui faire parcourir quelque arc comme R D, qui eſt Figure 13.

(1) Sorte de Batteau qui n'a qu'un Arbre.

d'autant plus grand, que ſon raïon D F eſt plus long. Le mouvement de la Pagaïe de R en D tend à faire avancer le Batteau dans une direction oppoſée, comme dans la Rame ordinaire.

70. Cette façon de naviguer au défaut du Vent, qu'on employe quelquefois en France, a paru à quelques perſonnes préferable à la nôtre. Cette idée a été ſoutenue par celle qu'on a de croire la réaction nulle, & elle eſt fortifiée encore aujourd'hui par la vîteſſe apparente avec laquelle le Batteau eſt mû.

Ne ſeroit-il pas auſſi glorieux pour les Sauvages, qu'humiliant pour les Savans, ſi ces premiers avoient dévéloppé par leurs ſéches connoiſſances la meilleure maniere de naviguer ſans le ſecours du Vent. Sans prendre les interêts de ces derniers, puiſque je les crois en bonnes mains étant dans les leurs, je crois qu'il eſt néceſſaire d'éclaircir ici ce myſtere, & de juger le différend, ſinon par un jugement ſans appel, du moins

par un jugement équitable. Pour y réuſſir, examinons quelle eſt la force, qui fait avancer le Batteau dans l'action de la Pagaïe; quelle eſt celle de la réaction; & enfin faiſons voir, que notre façon de ramer eſt infiniment ſupérieure à la leur.

71. Il n'eſt pas difficile de déterminer la force par laquelle le Vaiſſeau eſt mû dans l'action de la Pagaïe, quand on conſidére, que la Pagaïe a ſon point d'appui dans la main de l'homme au point F, celui de la puiſſance où les mains de l'homme ſont appliquées au point C, & le poids au point D, c'eſt-à-dire, dans l'eau. (Il eſt démontré, dans tous les Traités du Mouvement des Eaux, que ce poids ſera égal à un ſolide d'eau, qui aura pour baſe une ſurface égale à celle de la Pale de la Pagaïe, & pour hauteur celle, que l'eau auroit pour acquerir une vîteſſe égale à celle de la Pagaïe. Or il eſt évident, que la Pagaïe eſt ici un Levier du premier genre: ce qui donne cette proportion. CF eſt à

FD, comme la force de l'homme que je nomme f eſt à $\frac{f \times FD}{CF}$.

La Pagaïe étant déterminée à 10 pieds de longueur, FD étant de 6, CF ſera de 4. Suppoſons la force de l'homme de 50 livres, nous aurons 4 eſt à 6, comme 50 eſt à 50 multiplié par 6 diviſé par 4 égal à 75.

72. Selon l'opinion de bien des gens, 75 eſt la force avec laquelle le Batteau ſeroit mû dans ces ſuppoſitions : donc la réaction ſeroit nulle. Examinons cette queſtion.

73. Pour comprendre aiſément la réaction dans l'action de la Pagaïe, on doit prendre garde, que l'homme, en avançant le corps vers T pour y porter la Pagaïe, avance auſſi un pied pour y faire paſſer la ligne de direction ; car un homme ne ſauroit porter ſon corps en avant, ſans avancer en même tems un pied ; parce que la direction de ſon centre de peſanteur ſortiroit autrement de la baſe de ſes

pieds, & par conſéquent l'homme ſeroit alors forcé de donner du nez par terre. Mais d'un autre côté, lorſqu'il avance le pied P, il recule le pied S, afin que ſon effort ait un autre point d'appui; de ſorte que la réaction eſt partagée; une partie eſt dans le pied P, l'autre dans le pied S: Or le pied P, étant celui par lequel paſſe la ligne de direction, ne peut pouſſer le Batteau que ſelon une direction verticale P G; le pied S tend à le pouſſer dans une direction oppoſée: donc la réaction abſolue eſt partagée en verticale, & en ſens contraire. Ainſi, ſans avoir égard à la réaction verticale, on ne fera attention qu'à la réaction oppoſée; & comme cette réaction n'eſt que la moitié de la réaction totale, il ſuit, que la réaction dans le mouvement de la Pagaïe, ſera la moitié de l'effort abſolu de l'homme.

74. On croiroit aſſez volontiers ſur ce raiſonnement, que pour avoir la véritable force avec laquelle le Batteau eſt mû dans

l'action de la Pagaïe, il faut, ſur les ſuppoſitions que nous venons de faire, retrancher du réſultat de la force de l'homme & de la Pagaïe, la moitié de celle de l'homme, c'eſt-à-dire, ôter 25 de 75, dont le reſte 50 ſeroit la vraïe force motrice du Batteau. Ne précipitons pas nos idées : Voyons ſi 50 eſt l'expreſſion de la force avec laquelle l'homme agit.

75. Je remarque, que l'homme, dans l'action de la Pagaïe, fait effort avec la main C, pour pouſſer la Pagaïe dans une direction C T, tandis que la main F n'eſt employée qu'à ſoutenir & à ſervir de point d'appui à la Pagaïe. Voilà donc deux efforts; l'un dans la main C qui eſt la ſeule, qui contribue à la vîteſſe de la Pagaïe; l'autre dans la main F, qui ſoutient la Pagaïe. Mais plus l'homme fait effort avec la main C, plus il fatigue avec la main F: or la main F n'eſt du tout point employée à mouvoir la Pagaïe, dont l'effort ſuppoſé de 50 livres n'exiſte que

dans

dans la main C; ainſi l'effort abſolu de l'homme eſt alors de 100 livres. De-là il ſuit, que la Pagaïe n'eſt mûe, que par une force égale à la moitié de l'effort abſolu de l'homme, qui eſt multiplié ſelon la proportion, que nous avons donnée.

76. Si l'on peſe bien ces raiſonnemens, on me tiendra quitte de la troiſiéme partie de ma propoſition, dans laquelle j'ai avancé, que cette façon de ramer eſt infiniment inférieure à la façon ordinaire. C'eſt une conſéquence, qu'on déduira aiſément: je l'abandonne toute entiere aux réfléxions. Je dirai ſeulement, que je paſſe ici ſous ſilence la ſituation gênante du Pagaïeur, & pluſieurs autres incommodités, que le Pagaieur connoît bien, & que la raiſon développe. Elles contribuent beaucoup à fatiguer le Pagaïeur, à ralentir ſon effort, & à diminuer ſa force.

77. Lorſque j'examinai cette derniere façon de ramer, il me vint en penſée de

chercher quelque nouvelle maniere de poſter le Rameur, en ſorte qu'il pût faire tout ſon effort, ſans que la réaction y fît obſtacle ; & cela en tâchant de lui donner une telle ſituation, que la réaction, au lieu d'être oppoſée, fût dans la direction du cours du Batteau. Cette idée me parut belle ; les réfléxions, dans leſquelles elle me jetta, me firent connoître quelques moïens d'en venir à bout, peut-être théoriquement : mais je me trouvois embarraſſé, lorſque je deſcendois à la pratique. Un génie fecond en inventions, aura ſur ce point de quoi exercer ſes talens. Si je ſuis plus heureux en d'autres recherches, que je n'ai été en celle-là, j'en ferai part au Public. En attendant voici deux moïens plus curieux qu'utiles, pour ramer ſans réaction, & par la ſeule réaction.

Figure 14. 78. Faites ſur deux Batteaux A & B un Pont auſſi long qu'on jugera à propos, en laiſſant néanmoins entre ces deux Batteaux un eſpace aſſez grand, pour faire mouvoir un troiſiéme Batteau par un

ſeul coup de Rame ; donnez-lui une telle largeur, qu'un homme puiſſe y être aſſis en long commodément. Que ce troiſiéme petit Batteau ſoit échancré par les deux extrêmités C & D, pour y faire paſſer le Pont. Ce Pont ſervira de Banc au Rameur.

Soit un homme en H, qui, aſſis ſur ce Pont, tire le bout T de la Rame, en appuyant les pieds contre un appui fixe ſur le Pont. Dans le coup de Rame, que l'homme donnera, il eſt évident, que le Batteau ſera mû par l'effort abſolu de l'homme, puiſque la réaction, n'ayant aucune liaiſon avec le Batteau, ſera nulle.

Cette experience pourra déſabuſer ceux, qui ne veulent point admettre la réaction ; car ayant examiné la vîteſſe avec laquelle le Bateau eſt mû alors, on la comparera avec celle par laquelle il ſe meut avec la réaction.

79. La maniere de connoître la vîteſſe du Batteau avec la réaction ſeule, eſt beaucoup plus ſimple.

A l'extrêmité de la Rame A B, ſans compter la Pale, enchaſſés une Pale en travers. Qu'un homme tenant l'extrêmité A faſſe effort contre l'eau, pour pouſſer le Batteau avec les pieds dans un ſens contraire : le Batteau ſera ainſi mû par la ſeule réaction.

Figure 15.

80. Au commencement de ce Chapitre, j'ai promis de faire mention des difficultés, qu'on pourroit former contre mes propoſitions. Je dois donc faire remarquer, que dans le calcul de la Rame j'ai regardé le point d'appui comme fixe, quoiqu'il ſoit évidemment mobile. C'eſt pour y avoir égard, que nous examinerons, ſi cette ſuppoſition ne rend point notre calcul ſuſceptible d'erreur.

81. Je ſuppoſe, que la Pale de la Rame rencontre dans l'eau un Rocher : il eſt certain, que la force de l'homme ou la vîteſſe du Batteau ſera d'autant plus grande, que la réſiſtance, que j'appelle *invincible*, ſera au-deſſus de celle de la Pale. Quoique cette comparaiſon paroiſſe

preſſante, il n'eſt pas cependant bien difficile de la faire.

82. Pour faire cette comparaiſon, nous obſerverons, que les ſurfaces augmentent les réſiſtances en raiſon ſimple de leurs grandeurs, la vîteſſe étant uniforme; & que les vîteſſes ſont comme les racines des réſiſtances. Sur ces fondemens, la grandeur de la Pale étant donnée, comme auſſi ſa plus grande vîteſſe, il nous ſera aiſé d'augmenter la Pale, enſorte que la trop grande réſiſtance, qu'elle trouvera dans l'eau, détruiſe la vîteſſe abſolue avec laquelle elle étoit muë, & qu'elle faſſe ainſi l'effet d'un point fixe.

On a une Pale de 4 pieds de ſurface, & ſa plus grande vîteſſe déterminée par 6: on ſubſtitue une Pale de 9; on veut ſavoir combien on a diminué la vîteſſe.

83. La force de l'homme ne pouvant donner à la Pale, ſelon notre ſuppoſition, qu'une vîteſſe comme 6, il eſt évident, que ſi la réſiſtance augmente, la vîteſſe ne pourra plus être la même: mais de ce

que l'accroiſſement de la réſiſtance eſt en raiſon ſimple des ſurfaces, c'eſt-à-dire, comme 4 à 9 dans ce cas, la diminution de la vîteſſe ſera comme les racines de ces deux ſurfaces 2 & 3. De ſorte qu'autant la racine de la réſiſtance de l'accroiſſement de la Pale excédera la premiere racine, autant la vîteſſe dimnuera : l'accroiſſement donne ici 1 de racine, la diminution de la vîteſſe doit donc être comme 3 à 2, ce qui fournira cette proportion 3 : 2 :: 6 : 4. Ce quatriéme terme donnera la vîteſſe avec une Pale de 9, & par conſequent la différence de la premiere à la ſeconde. Si l'on a augmenté la Pale de 12, c'eſt-à-dire, ſi l'on ſubſtitue une Pale de 16, & qu'on veuille la comparer avec celle de 4, on aura en ſuivant la proportion 4 : 2 :: 6 : 3. Dans ce ſecond accroiſſement la vîteſſe eſt diminuée de la moitié.

84. En continuant à augmenter la ſurface de la Pale juſqu'à ce que la trop grande réſiſtance réſiſte à tout l'effort de l'homme, c'eſt-à-dire, détruiſe la vîteſſe

abſoluë de la Rame, la Pale fera l'effet d'un point fixe; & il y aura la même différence entre la Rame priſe pour un Levier, qui a un point d'appui fixe, & un autre, qui a un point d'appui mobile, qu'entre la ſurface de la Pale fixée à deux pieds de ſurface, à celle qui eſt invincible. Cela eſt certain. Il eſt donc évident, qu'alors le Batteau eſt pouſſé avec toute la vîteſſe poſſible. Je viens à l'examen du changement, que peut cauſer à notre calcul la Rame priſe comme un Levier, qui a un point d'appui mobile.

85. Quand on examine la vîteſſe du Batteau, lorſque la Pale de la Rame eſt de deux pieds, on voit que lorſque la Rame parcourt un eſpace comme R A, la Rame en parcourt un autre dans un ſens contraire comme C D. Mais la réſiſtance étant invincible par le Rocher C ou par une grande Pale, la grandeur de l'arc, que la Rame décrivoit dans l'eau, eſt donnée à l'eſpace, que le Batteau parcourt de plus; de ſorte que l'eſpace Figure 16.

R A étant de 2 pieds, & l'arc D de 2 pieds auſſi, l'eſpace parcouru ſera de 4. Cet eſpace ſera double du précedent : voilà donc une vîteſſe double. Voyons le tems que nous employons pour parcourir cet eſpace double.

86. Si l'on s'eſt appercu, que nous avons gagné en eſpace, on peut voir que nous avons perdu en tems : car la vîteſſe du Batteau étant augmentée, la Rame perdra ſon point d'appui autant de fois, que la vîteſſe du Batteau ſera accelerée.

On a donné 5 coups de Rame avec une Pale mobile, & chaque coup de Rame a donné 2 pieds : on a ſubſtitué une Pale fixe, & l'eſpace parcouru a été de 4 pieds; de ſorte que les 5 premiers coups de Rame ont donné 10 pieds de diſtance. Le nombre des coups de Rame, donnés dans 4 ſecondes, étant ainſi exprimé, il eſt clair, que l'eſpace double, que celui d'une Rame fixe parcoura, aura exigé 10 changemens : il y a donc 10 inſtans de perdus, c'eſt-à-dire, 8 ſecondes; d'où il ſuit, que

l'eſpace étant double, le tems le ſera auſſi.

Cet examen nous a conduit à un principe généralement reçu, & qui eſt le fondement de la Mécanique. Le principe eſt, que *ce qu'on gagne en vîteſſe, on le perd en tems, & vice verſâ.*

On doit donc conclure, que la mobilité de la Pale ne change rien à notre calcul, & qu'on peut prendre la Rame comme un Levier du ſecond genre, qui a eſſentiellement ſes proportions, quoiqu'elle ait un point d'appui mobile.

87. J'avois deſſein de fixer la grandeur de la Pale eu égard à la longueur de la Rame; l'angle qu'elle doit faire avec la ſection verticale du Batteau : mais lorſque j'ai examiné les diverſes circonſtances, auſquelles j'aurois été obligé d'avoir égard, j'ai compris, que mon travail tendoit plus à la ſpéculation quà la pratique. Cette vûë m'a fait abandonner, ſans héſiter, un examen, qui, en exigeant un grand détail, me détournoit des obſervations utiles, auſquelles je dois fixer l'eſprit de mon Lecteur.

88. Il eſt tems, que nous examinions comment on doit déterminer la longueur la plus avantageuſe, qu'on doit donner à la Rame, depuis l'Apoſtis juſqu'au centre de la Pale.

Nous avons vû, que plus le bras du Levier CF eſt long, plus l'homme fait effort pour mouvoir le Batteau ; mais plus CF eſt long, plus CD eſt petit. Si nous augmentons l'effort de la puiſſance, nous diminuons la grandeur de l'arc, que le raïon PD doit décrire : or l'arc diminuant, les coups de Rame augmentent ; de ſorte que ce qu'on gagne en force, on le perd en tems ; c'eſt un principe poſé & qui eſt évident. Il eſt auſſi établi, que la Rame peut être priſe pour un Levier, qui a un point d'appui fixe ; d'où il eſt aiſé de conclure, que la ſituation la plus avantageuſe conſiſte à trouver un point dans la Rame, qui, appuyé ſur l'Apoſtis, la diviſe en deux, de façon que le produit du raïon PD par le Levier CP, donne le plus grand de tous les

produits ; ce qu'on ne pourra avoir, qu'en faiſant CP égal à CD. La Rame étant ſuppoſée de 12 pieds, il eſt évident, que 6 eſt le ſeul nombre pris dans 12, qui multiplié par 6 autre partie de la Rame, donne le plus grand de tous les produits, que pourroit former tout autre nombre contenu dans 12 : mais 6 eſt la moitié de 12 ; donc il doit y avoir une égale diſtance depuis l'Apoſtis juſqu'au centre de la Pale, & depuis ce point juſqu'à celui où l'homme doit appliquer ſes mains.

M. *Pitot* eſt, je penſe, le premier, qui ait déterminé la poſition la plus avantageuſe de la Rame. Mais il me ſemble, qu'il auroit dû faire voir auparavant, que la Rame peut être priſe pour un Levier, qui a un point d'appui fixe ; ſans cette conſidération, je crois, que cette poſition eſt fauſſe. Il eſt donc certain, qu'il l'a regardée comme telle, quoiqu'il n'en ait pas fait mention.

89. Outre les difficultés, que nous avons tâché de lever pour aſſujettir le

Mécaniſme de la Rame à des loix, le Pere *Dechalles* dans ſon Art de naviguer, Livre 1er, page 22. en forme deux preſqu'inſurmontables.

1°. On a plus de peine en avancant la Rame vers la Proüe, & la ſoutenant hors de l'eau, qu'en la tirant à ſoi, c'eſt-à-dire, dans la propre action de la Rame.

2°. Le mouvement de la Rame produit deux réactions, une verticale, & l'autre ſelon une direction oppoſée à celle du Batteau.

Ces conſidérations, auſquelles il eſt bien difficile d'avoir égard, avoient engagé le Pere *Dechalles* d'imaginer quelque Machine, qui ayant le mouvement plus uniforme, & étant exempte de mouvemens contraires, fît le même effet que la Rame. Pour cette fin, il avoit garni deux Roües de petites aîles, qui répréſentoient les Pales des Rames; & ſelon ſa Théorie, tous les inconvéniens de la Rame étoient anéantis. Mais le ſuccès dans la Pratique ne répondit pas à ſes eſpérances.

Le Maréchal Comte de *Saxe*, à qui il eſt auſſi aiſé de découvrir les vérités les plus cachées, que de vaincre les Légions les plus rédoutables, pouſſa beaucoup plus loin cette idée, ſans avoir plus de ſatisfaction. On doit donc conclure, que les Rames ſont les meilleures Machines, dont on puiſſe ſe ſervir, pour naviguer au défaut du Vent, quoiqu'on n'en puiſſe pas déterminer exactement l'effet.

90. Nous connoiſſons les mouvemens d'un Vaiſſeau, d'un Batteau, d'une Galere : il nous eſt facile de les diriger le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible. Ces connoiſſances ſont renfermées dans les Chapitres précedens. Ne perdons pas de vûë notre objet : perfectionnons & étendons nos connnoiſſances. Le Vaiſſeau eſt enfin en mouvement, & il l'eſt avec ſa plus grande vîteſſe ; meſurons ce mouvement, déterminons cette vîteſſe, & comparons-la avec une autre quelconque. Cet examen n'eſt pas moins important que celui que nous venons de faire ; il eſt digne de notre attention.

CHAPITRE VI.

De la vîteſſe du Vaiſſeau par rapport aux différens Airs de Vent & aux différentes Dérives. Examen & refutation des Méthodes, qu'on a employées pour développer ces dernieres : Nouvelle Méthode pour y ſuppléer.

91. NOUS nous propoſons dans ce Chapitre de déterminer la vîteſſe du Vaiſſeau par rapport aux différens Airs de Vent & aux différentes Dérives. Comme la ſolution du premier cas dépend des angles du Vent ſur les Voiles, qui ſont connus, il eſt aiſé de la donner. Le ſecond, qui concerne les différentes Dérives, n'a pas le même avantage. Pour avoir quelque choſe de certain dans les routes obliques, il faudroit connoître la réſiſtance, que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par tous les points de ſa Proüe. Cette connoiſſance ſeroit importante,

mais il n'eſt pas aiſé de l'acquerir.

92. Quand on examine avec des yeux un peu Géometriques, la Théorie des impulſions des fluides contre des ſurfaces courbes, on apperçoit que cette matiere eſt une partie des plus profondes & des plus abſtraites de l'application de la Géometrie aux Mécaniques. Mais qu'eſt-ce que cette difficulté en comparaiſon de celle qu'on trouve, quand on veut l'appliquer aux courbes irrégulieres des Vaiſſeaux, dont on ne connoît ni la nature ni les proprietés? Cette conſidération a ſi fort inquieté M. *Bernoulli*, que malgré l'exactitude & la préciſion, qui ſoutiennent ſa ſavante Théorie, il a crû qu'on ne pouvoit lui donner que le titre d'*Eſſai.*

93. Si ces difficultés ſont inſurmontables, ſuppoſons que les Conſtructeurs, de Vaiſſeaux ſuivent les courbes preſcrites par les Géometres. Les lignes courbes ſont bien ſuſceptibles de calcul, mais les ſurfaces auſquelles il faut avoir

égard, ne ſe manient pas ſi aiſément.

94. M. *Bouguer* dans ſon Traité ſur la Mâture (*a*), page 155. a crû lever cette difficulté, en ſuppoſant les Prouës régulieres, & en conſidérant leurs ſurfaces comme un demi conoïde formé par la révolution d'une courbe dont la nature fut connuë. Là où un embarras s'évanouit un autre rénaît. Les ſurfaces des Prouës ſont connuës ſans pouvoir les ſoumettre à des loix.

95. Les perſonnes, qui entendront les nouveaux calculs, je veux dire les calculs différentiel & integral, verront que l'application, qu'il faudroit en faire pour développer les ſurfaces connuës, nous jette dans des différentielles, qui ne ſont pas integralles, & qui ne laiſſent, pour fruit de tant de peines, qu'une idée confuſe de ce qu'on cherche.

96. Cette objection que je fais après M. *Pitot* à cette élegante Méthode de

(*a*) Piece qui a remporté le prix de l'Académie en 1727.

M.

M. *Bouguer* pourroit être levée, ſi l'on conſultoit l'excellent Livre de l'uſage de l'Analyſe de *Deſcartes* par M. l'Abbé de *Gua-de-Maluc*. L'Auteur de ce Livre enſeigne, page 453. la maniere de faire acquerir à une différentielle une forme integrable. Quand, par ce ſecours, on pourroit parvenir à développer quelques ſurfaces connuës, voudroit-on s'engager dans de penibles calculs ſur une ſuppoſition ſi violente?

97. Il ſemble que la voie la plus naturelle & la plus courte eſt de ſuppoſer les ſurfaces des Prouës diviſées en de petites ſurfaces ſenſiblement planes; de connoître, par la grandeur de ces ſurfaces & par leurs diverſes obliquités, l'effort de l'eau ſur chacune, & d'ajouter ces efforts, dont la ſomme ſeroit, à quelque choſe près, égale à l'effort de la réſiſtance de l'eau ſur toute la Prouë.

98. Cette derniere méthode eſt ſans contredit plus ſimple & plus aiſée que les précedentes; mais en eſt-elle moins

penible? Sans nous engager ici à faire voir, dans quel immenſe travail elle jettera ceux, qui ſeront aſſez patiens, pour la mettre en pratique, nous prendrons la liberté de les renvoyer aux Chapitres III. & IV. de la Mâture de M. *Bouguer*, pages 128. & 137. où on trouvera une maniere Théorique & Pratique de ſe conduire. Nous nous contenterons, pour leur donner une idée de la longueur de cette opération, de rapporter ce que M. *Bouguer* en dit, page 142. & nous juſtifierons par-là ce que nous avançons. » Il » eſt vrai, dit-il, qu'à faire la même opé- » ration ſeulement pour 9 ou 10 routes, » on s'engageroit dans un travail de plu- » ſieurs jours. » Nous ne devons pas ometre, que les diviſions, qui ont ſervi de fondement à ce calcul, ſont entierement éloignées d'une ſuppoſition raiſonnable, qui ne puiſſe cauſer que de petites erreurs. Auſſi nous en previent-il lui-même, au commencement de ſon IVe Chapitre, page 137; car après avoir

diviſé la demi Prouë d'un petit Navire du *Croiſic*, d'environ 23 Tonneaux, en 9 petites ſurfaces triangulaires, il convient que ce n'eſt pas ſur une ſemblable diviſion, qu'il prétend établir quelque choſe de certain. « J'eus pouſſé, dit-il, la diviſion beaucoup plus loin, s'il eût « été queſtion de tirer des connoiſſances « certaines. » Si une ſuppoſition (j'entends le nombre des diviſions) entierement fauſſe, exige un travail ſi long & ſi fatiguant, que ſera-ce, lorſque ſur cette méthode, on voudra faire une diviſion, qui puiſſe donner de petites ſurfaces ſenſiblement planes? Je doute, qu'au bout de pluſieurs mois de calcul, on puiſſe connoître l'effort de l'eau ſur le quart de la demi-Prouë, le tout ſur un fondement imaginaire.

C'eſt ordinairement, après avoir fait voir le peu de ſolidité des méthodes, qu'on employe pour parvenir à une connoiſſance, qu'on peut en propoſer de nouvelles. Nous venons de nous con-

vaincre de la réalité de ce premier article, il nous reſte à examiner le ſecond.

99. Comme nous ne ſaurions nous engager à développer la maniere de connoître la réſiſtance de l'eau ſur tous les points de la Proüe, ſans déduire de cette connoiſſance, la vîteſſe du Vaiſſeau par rapport aux différentes Dérives, il eſt à propos de déterminer auparavant la vîteſſe du Vaiſſeau dans le cas le plus ſimple, c'eſt-à-dire, ſelon les différens angles du Vent ſur la Voile.

Figure 17. 100. Le Vaiſſeau ABCD fait route ſelon une direction NO ; l'angle du Vent & de la Voile étant MNG, le Vent change, & la Voile gardant toujours ſa même ſituation, le Vaiſſeau conſerve toujours ſa même Dérive ; l'angle ſeul du Vent ſur la Voile varie en RN : on veut ſavoir qu'elle eſt la vîteſſe du Vaiſſeau dans ces deux cas.

Les angles du Vent & de la Voile étant donnés, on connoîtra les impulſions du Vent ſur la Voile, puiſqu'elles

ſont, par le principe 8, en raiſon doublée des ſinus des angles d'incidence : mais les réſiſtances moïennes de l'eau ſur la Prouë, ſont comme les efforts du Vent : donc les réſiſtances ſont en raiſon doublée des ſinus des angles d'incidence. Or nous ſavons, que les vîteſſes ſont comme les racines des réſiſtances, donc les vîteſſes ſont comme les racines des quarrés des ſinus, c'eſt-à-dire, en raiſon ſimple.

Ayant ainſi terminé les vîteſſes par rapport aux différens angles du Vent ſur la Voile, je paſſe à la recherche des vîteſſes, eu égard aux différentes Dérives.

101. Nous avons vû, dans le IIe Chapitre, qu'il n'y a qu'un Vaiſſeau ſphérique ou cylindrique, qui ſuive dans ſa route la Ligne de la force mouvante. Nous avons auſſi remarqué, dans le même endroit, que ce n'étoit que parce que le Vaiſſeau ſphérique ou cylindre trouvoit par tout une égale réſiſtance, qu'il ſuivoit cette route, & qu'au contraire dans les

autres Vaiſſeaux, l'inégalité de réſiſtance les en détournoit. Il nous reſtoit, pour conſtater ces verités, à expliquer la cauſe de ce changement de route par rapport à l'inégalité de réſiſtance. C'eſt ici le lieu de le faire : on en jugera par les ſuites.

102. Lorſque la Ligne de la force mouvante n'eſt pas ſituée dans la direction de la Quille, alors la réſiſtance, que trouve le côté, que le Vaiſſeau preſente le plus à l'eau, étant plus grande, que celle que trouve le côté oppoſé, qui eſt infiniment petite, & même nulle dans de certains Vaiſſeaux, ſelon la remarque de M. *Bernoulli*, elle fait effort contre le Vaiſſeau, & dérange la Ligne de la force mouvante en celle de la ligne moïenne, afin de mettre l'équilibre entre les efforts de ces deux côtés.

Figure 18. Car ſi la Ligne de la force mouvante ne dégéneroit point en la ligne moïenne, l'effort, qui ſe feroit contre l'arc M Q, feroit piroüeter le Vaiſſeau autour du point M,

ſans qu'il pût avancer. Donc, puiſque le Vaiſſeau fait route, la Ligne de la force mouvante doit changer en ligne moïenne, pour détruire entierement cet effort : mais comme cette deſtruction ne ſauroit être parfaite, à moins que la ligne de l'impreſſion du Vent ou de la ligne moienne A N, & la ligne N F de la route, ne ſoient confondues, ces deux lignes n'en formeroient qu'une ſeule A F.

Ces connoiſſances, qui paroiſſoient bien plus curieuſes qu'utiles, renferment cependant ce double avantage. En voici les preuves.

103. De ce que la ligne moïenne partage l'effort de l'arc M Q, pour le mettre en équilibre avec l'arc M R, il ſuit, que plus l'arc M Q compris entre la Ligne de la force mouvante A M, & le point Q de la Quille, approchera d'une plus grande réſiſtance, plus la Ligne de la force moïenne s'écartera de la Ligne de la force mouvante, & au contraire : mais plus la ligne moïenne A F approchera du

point Q de la Quille, plus l'angle E A F ſera grand : donc le ſinus de cet angle ſera l'expreſſion de la réſiſtance de l'arc M Q.

Dans cet exemple la étant Voile en CD, on change ſa ſituation en *c d* : la ligne A *e* perpendiculaire à la Voile *c d*, ſera la Ligne de la force mouvante. Il eſt évident que, dans ces deux ſituations de Voile, l'angle E A Q de la premiere ſituation, eſt à l'angle *e* A Q de la ſeconde, comme l'angle B A C du Vent & de la Voile, eſt à l'angle B A *c*. Or dans cette ſeconde ſituation *c d*, la ligne moïenne A *f* ſera d'autant plus près du point Q, que l'arc *m* Q approchera d'une plus grande réſiſtance : le ſinus de l'angle *e* A *f*, ſera encore l'expreſſion de la réſiſtance de l'arc *m* Q. Ainſi la réſiſtance, que le Batteau trouve à fendre l'eau par l'arc M Q, eſt à celle qu'il trouve à la fendre par celui *m* Q, comme le ſinus de l'angle E A F, eſt au ſinus de l'angle *e* A *f*.

104. Toute la difficulté, qu'offroit cette importante queſtion, ſe réduit à

trouver un moïen de connoître l'angle formé par la Ligne de la force mouvante & par la ligne moïenne. Si nous ſurmontons cet obſtacle, il nous ſera facile de comparer les vîteſſes du Vaiſſeau dans toutes les différentes Dérives.

105. On comprend aiſément, que pour connoître l'angle, que nous cherchons, il ſuffit de trouver la Ligne de la force mouvante, puiſque la ligne moïenne ou celle de la route eſt connue. Cette recherche a été faite par M. *Jacques Bernoulli* dans les Actes de Leipſic de 1695. page 547, & par M. *Jean Bernoulli* ſon frere dans ſa Théorie, Chapitre XV. page 122. Ces grands Hommes avoient compris, que cette connoiſſance étoit importante, ſans en aſſigner cependant aucun uſage. Le fruit de leurs travaux, qui ne ſembloit être borné, qu'à leur avoir procuré cette ſatisfaction intérieure, que l'on ſent d'avoir ſu réſoudre un Problême difficile, devient par notre méthode un travail avantageux. Il eſt

vrai, qu'autant cette découverte eſt ſolide dans la ſpéculation, autant elle eſt peu acceſſible dans la Pratique. Elle ſatisfera les Géometres, ſans être jamais utile aux Pilotes.

M. *Bernoulli*, pour ſuppléer à ces méthodes, en donne une fort ſimple, mais qui n'eſt pas encore ſatisfaiſante. L'on en jugera en conſultant ſes propres termes, que je déduirai ici ſans aucune altération.

» Ceux qui ſont employés dans la Ma-
» rine, dit-il, dans ſa Théorie, p. 130,
» ſeront ſans doute bien aiſes de ſavoir
» ce Théorême, puiſqu'il leur ſervira de
» regle pour connoître, ſi la Ligne de la
» force mouvante a la ſituation qu'ils
» ſouhaitent; d'autant plus que ſans ſe
» mettre en peine de la nature de la
» courbe, ils n'ont qu'à tirer deux tan-
» gentes aux extrémités de la Voile, ſoit
» par eſtime, en imaginant ces tangentes
» tirées, ſoit réellement, en les tirant
» effectivement par le moïen de deux
» ficelles, ou de quelqu'autre maniere

que ce ſoit ; car la ligne droite, qui « coupe en deux parties égales l'angle « que font les deux tangentes, ſera in- « failliblement la ligne de l'impulſion « du Vent, ou la ligne de la force mou- « vante, ſuivant laquelle le Vent fait « ſon effort ſur la Voile, & la Voile ſur « le Vaiſſeau, &c. «

106. Il ſeroit à ſouhaiter, qu'on pût, par ce moïen connoître la Ligne de la force mouvante, on l'auroit effectivement. Mais peut-on réduire, cette façon de connoître cette ligne, en pratique ? A-t'on les Voiles à ſa diſpoſition pour conduire ces ficelles ? Si je voyois une maniere de ſe ſervir de cette méthode, en la dépouillant de ces difficultés, je la donnerois ici : En attendant qu'on l'ait trouvée, je propoſerai une façon de connoître la Ligne de la force mouvante, que nous cherchons, qui ne ſera pas peut-être auſſi vraïe que celle de M. *Bernoulli*, mais qui la ſera autant qu'elle doit l'être, pour l'uſage, que

nous voulons en faire ; puiſqu'il ne s'agit ici, que de deux écarts de la ligne moïenne, d'un point, qui doit varier ſelon les mêmes proportions que les angles des Voiles & de la ligne du Vent.

Figure 19. 107. Placés un Graphomêtre ou un Compas de variation, de façon que le diamêtre 2. 4, ſoit paralléle à la Vergue C D. On connoîtra cela aiſément, ſi l'on prend garde à la façon dont la Vergue coupe diamêtralement le cercle, qui eſt au pied du grand Mât, dont nous avons parlé dans le IIIe Chapitre. Diſpoſés l'Alidale, en ſorte qu'elle ſoit partagée par la ligne moïenne B F, comme ſi l'on vouloit prendre l'angle de la Dérive : Remarqués le dégré par où elle paſſe, & tournés l'Alidale juſqu'à ce qu'elle ſoit perpendiculaire au diamêtre du Graphomêtre. L'angle, que formeront ces deux ſituations d'Alidale, qui eſt l'angle E B F dans cet exemple, ſera l'angle que l'on cherche. Nous appellerons cet angle, *Angle de réſiſtance.*

Il eſt tems de retirer le fruit de notre travail, & d'en déduire les avantages qui en réſultent.

108. Selon les proportions que nous avons donné pour déterminer les vîteſſes ſelon les differens Airs de Vent, les vîteſſes varient en raiſon ſimple des ſinus des angles d'incidence du Vent ſur les Voiles. Les réſiſtances, ainſi que nous venons de voir, ſont en raiſon des ſinus des angles de réſiſtance : donc les vîteſſes ſont comme les racines des ſinus de ces angles. Mais comme, dans la détermination des vîteſſes ſelon les diverſes Dérives, l'angle du Vent ſur les Voiles varie ſelon les différentes ſituations des Voiles, il ſuit, que les vîteſſes du Vaiſſeau par rapport aux Dérives, ſont en raiſon compoſée des ſinus des angles d'incidence du Vent ſur les Voiles, & des racines des ſinus des angles de réſiſtance, ou comme le produit des angles du Vent ſur les Voiles par les racines des ſinus des angles de réſiſtance. Un exemple rendra ceci plus intelligible.

109. L'angle d'incidence du Vent ſur les Voiles, eſt de 20 dégrés, dans une premiere ſituation, & de 30 dans une ſeconde: l'angle de réſiſtance eſt de 3 dégrés pour la premiere ſituation, & de 5 dégrés pour la ſeconde. On demande les vîteſſes & leur difference dans ces deux ſituations.

Le ſinus de 20 dégrés eſt 34202 ; le ſinus de 30 eſt 50000 : donc la vîteſſe ſeroit alors, en ne faiſant attention qu'aux angles du Vent ſur les Voiles, comme 34202 eſt à 50000. Mais les réſiſtances, pour chaque Dérive, ſont comme les ſinus des angles de leurs expreſſions, c'eſt-à-dire, comme 5233, qui eſt le ſinus de l'angle de réſiſtance de 3 dégrés, eſt à 8715, qui eſt le ſinus de 5 : donc les vîteſſes, qui ſont comme les racines des réſiſtances, ou comme les racines de ces ſinus, ſeront comme 72 à 93. Ainſi les vîteſſes abſoluës dans ces deux cas, ſeront comme le produit du ſinus 34202 par 72, au produit du ſinus 50000 par

93, c'eſt-à-dire, comme 2462544, qui eſt le premier produit, à 4650000, qui eſt le ſecond.

110. Quelques regles d'Arithmétique déterminent les vîteſſes dans les différentes Dérives : il eſt donc aiſé de les connoître dans tous les cas. Pour éviter cependant la peine de faire ce calcul toutes les fois qu'on en aura beſoin, on pourra les calculer une fois pour toutes, & en faire une Table diviſée en 6 colonnes.

Dans la premiere, on marquera les différens angles du Vent ſur les Voiles, & dans la ſeconde leurs vîteſſes correſpondantes. Les angles de réſiſtance & leurs vîteſſes rempliront la troiſiéme & la quatriéme colonne ; & la cinquiéme renfermera les vîteſſes abſolues. Enfin, pour achever la Table, on mettra les Dérives, que donnent les diverſes vîteſſes, par rapport aux différens angles du Vent ſur les Voiles.

111. Des avantages qu'on retirera de

cette Table, réſulte la néceſſité de la conſtruire. Elle ſervira à eſtimer le chemin du Vaiſſeau, la vîteſſe du Vent étant uniforme, avec toute la juſteſſe poſſible. On pourra auſſi, par ſon ſecours, verifier la Table des ſituations les plus avantageuſes de la Voile, la corriger & la rendre plus parfaite.

On examinera pour cela, ſi en augmentant l'angle de la Voile, marqué dans la Table, on n'augmente pas l'angle de réſiſtance dans un plus grand rapport; & au contraire. Ainſi en conſultant les vîteſſes abſolues du Vaiſſeau, on aura les ſituations les plus avantageuſes de la Voile.

112. Par la nouvelle méthode, que nous avons établie, pour connoître les réſiſtances, afin d'en déduire les vîteſſes, on voit qu'une queſtion, qui paroît très-difficile & très-compliquée, n'eſt cependant dans le fond qu'une queſtion ſimple & aiſée. Quoique nous croyons nos raiſonnemens ſolides, cependant nous ne ſaurions trop exhorter les Marins à perfectionner

fectionner cette méthode par l'experience, c'eſt-à-dire, que, de même que des réſiſtances connuës, nous avons déduit les vîteſſes, que nous voulions avoir, on déduiſe les réſiſtances des vîteſſes pour en faire un rapport & pour corriger ou compoſer une nouvelle Table de la même façon que la précedente.

113. Rien n'eſt plus ſimple & plus facile que la maniere de connoître les vîteſſes pour toutes les Dérives. Deux diſtances étant connues, & le Vent ayant le même dégré de vîteſſe, on examinera dans combien de tems, on parcourra cette diſtance ou eſpace pour chaque Dérive. Les différences du tems donneront celles des vîteſſes, dont les quarrés exprimeront les réſiſtances.

Cette voie eſt infaillible, & elle eſt peut-être la plus aiſée: mais quand même elle ſeroit pénible, il ſuffit de faire attention aux grands avantages, qu'on retireroit d'une Table calculée ſur ce fonde-

ment, pour compter pour rien la peine, que l'on prendroit à la conſtruire.

REMARQUE.

114. Quand on ignore les avantages des ſurfaces courbes ſur les ſurfaces planes de même circuit, on eſt ſurpris que, pour éviter l'embarras dans lequel nous a jetté la courbe des Vaiſſeaux, afin de déterminer les vîteſſes ſelon les Dérives, on ne forme point les contours des Vaiſſeaux par des ſurfaces planes, en leur dédonnant la Figure d'un lozange tel que ABCD, ou celle d'un poligone de
Figure 20. pluſieurs côtés, ainſi qu'il eſt répréſenté par la Figure EFGH. Il ſeroit aiſé de ſoumettre de pareilles Figures aux loix des impulſions des fluides. Cet avantage ſeroit conſidérable, s'il ne nous privoit de deux, que les Vaiſſeaux, terminés par des ſurfaces courbes, nous donnent, qui lui ſont infiniment ſupérieurs.

Le premier, que les Géometres ont

démontré, conſiſte en ce que les Figures, terminées par des ſurfaces courbes, ont plus de capacité, que celles, qui ſont terminées par des ſurfaces planes de même circuit.

Le ſecond, que les anciens Conſtructeurs avoient trouvé par expérience, eſt, que les ſurfaces courbes trouvent moins de réſiſtance dans l'eau, que les ſurfaces planes, de même étenduë. Cette découverte faite par haſard, a été depuis examinée par les Géometres.

Le Chevalier *Newton*, dans ſon fameux Ouvrage des Principes, page 327, fait voir quel eſt le ſolide, qui, ayant la même baſe, & le même axe que tout autre, trouve une moindre réſiſtance. Comme il s'eſt contenté d'en indiquer la nature, ſans en donner l'Analyſe, M. *Parent*, dans ſon ſupplément à pluſieurs Problêmes publiés en différentes occaſions, a développé ce ſolide, & s'eſt propoſé pour cela, la conſtruction qu'en donne le Marquis de l'*Hôpital* dans les Mémoires

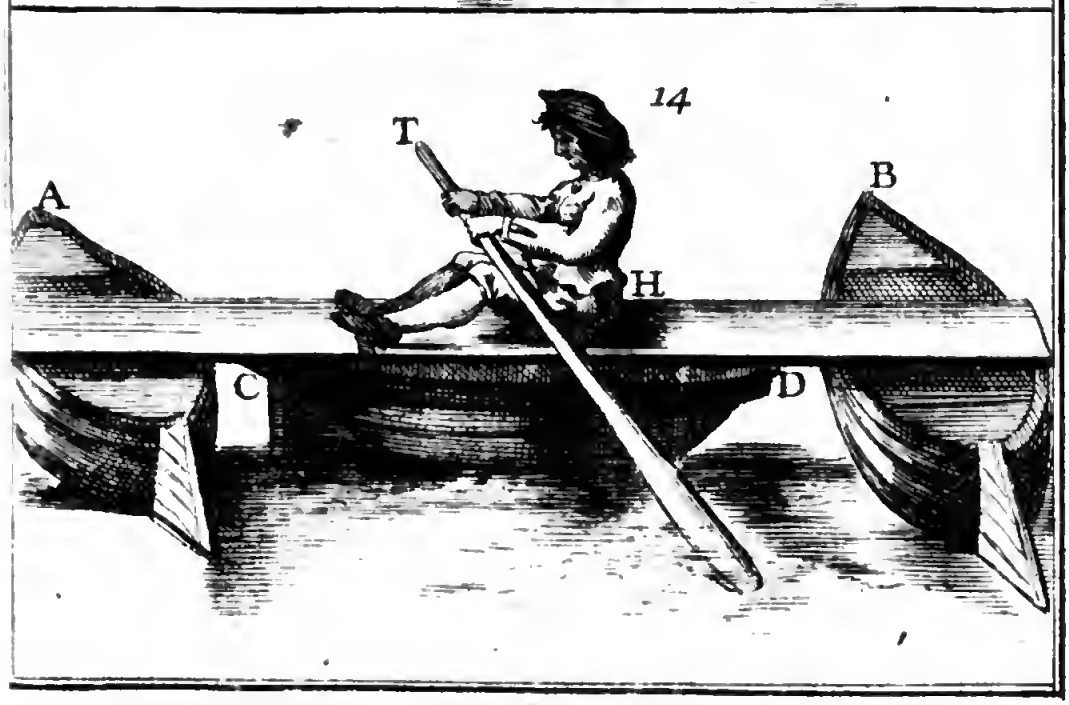
de l'Académie de 1699. parce qu'elle eſt plus ſimple, que celle du Chevalier *Newton*, & de quelques autres Géometres, qui y ont travaillé.

Quoique pluſieurs Savans ayent tâché de réſoudre ce Problême avec beaucoup de ſoin & de ſagacité, cependant, ſelon M. d'*Alembert*, (*a*) toutes les ſolutions qu'on en a données depuis le Chevalier *Newton* incluſivement, ne répondent pas exactement à la queſtion, ſi l'on n'en excepte celles, où on ſuppoſe, que la maſſe du ſolide eſt connuë.

Nous n'examinerons pas ce différend; ce n'eſt pas ici le lieu de le faire : Nous en laiſſons la diſcuſſion à un illuſtre Savant, qui travaille ſur cette matiere. Une Théorie de la conſtruction des Vaiſſeaux, eſt l'Ouvrage, qu'il nous fait eſperer. Il en manque un pareil dans la Marine, & il faut un homme auſſi habille pour l'en enrichir.

(*a*) Dans ſon Traité des Fluides, page 375.

Fig. 12



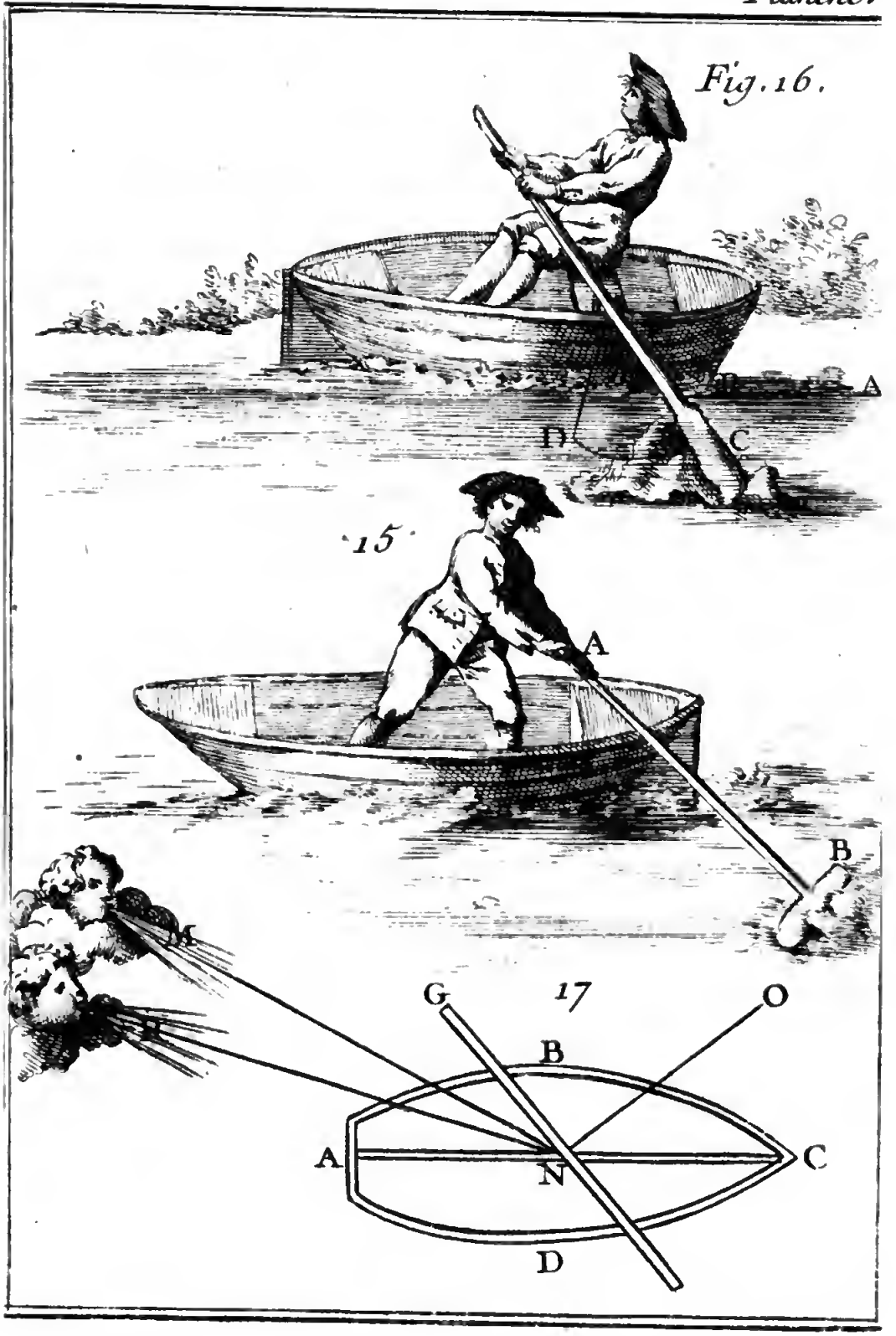


Fig. 16.
A
D
C
15
A
B
17
G
O
B
A
N
C
D

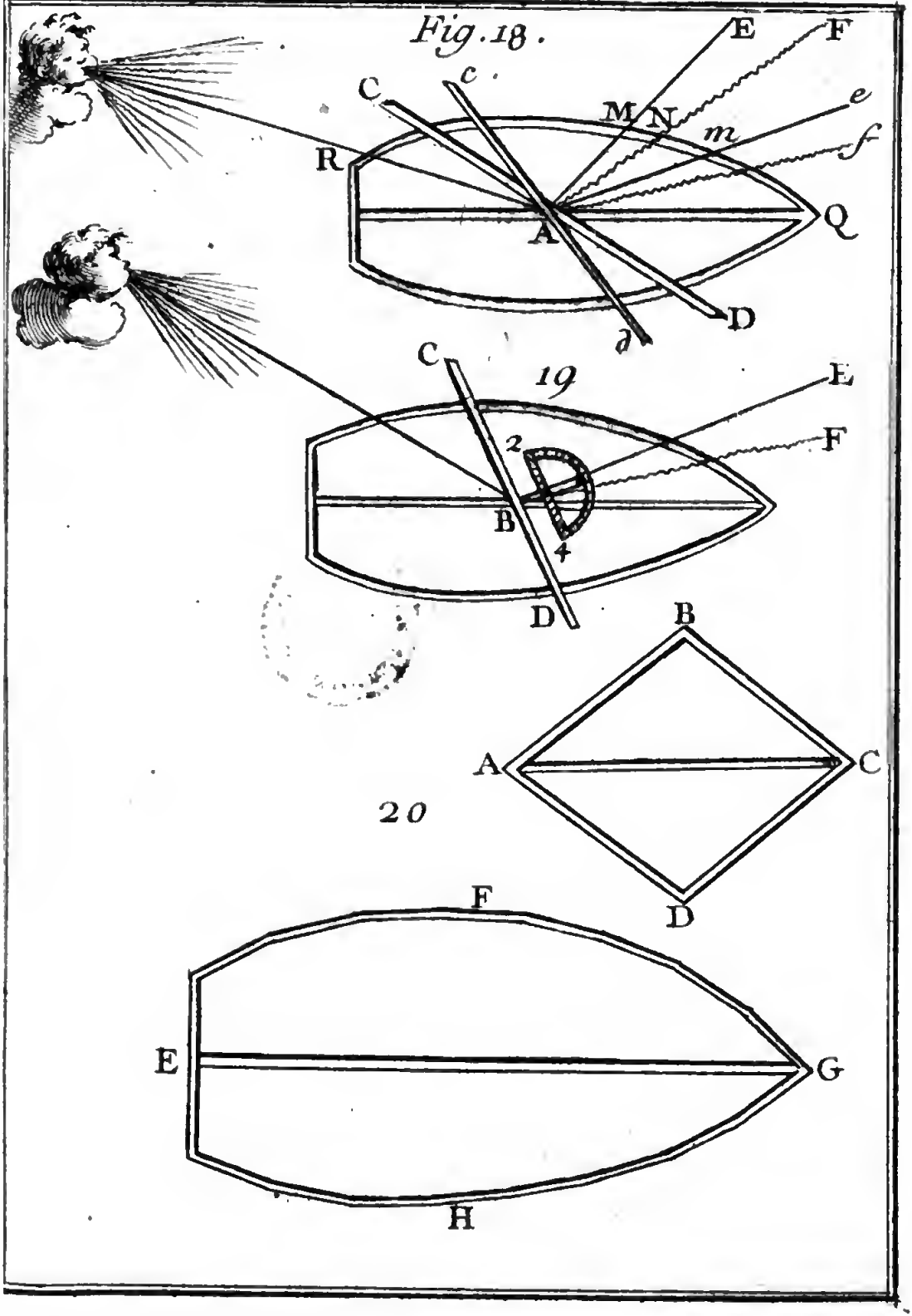


Fig. 18.
E
F
C
c
M
N
e
m
f
R
A
Q
D
d
19
C
E
F
2
B
4
D
B
A
C
20
D
F
E
G
H

CHAPITRE VII.

De la vîteſſe du Vaiſſeau ſelon les différens dégrés de force du Vent : Deſcription & uſage d'une nouvelle Machine pour parvenir à les connoître.

115. DANS le Chapitre précedent, nous avons déterminé la vîteſſe du Vaiſſeau par rapport aux différens Airs de Vent & aux différentes Dérives. Cette connoiſſance ſeule ne nous peut ſervir à eſtimer le chemin du Vaiſſeau, que dans le cas où la vîteſſe du Vent eſt uniforme : comme elle ne l'eſt pas toujours, il eſt évident que, dans ce calcul, pour avoir une eſtime juſte, il eſt néceſſaire d'y faire entrer le rapport entre les vîteſſes rélatives du Vent.

116. Afin de réſoudre ce Problême, il faut être muni d'une Machine, qui faſſe connoître les différens dégrés de vîteſſe du Vent. Pluſieurs Auteurs en ont donné ;

mais aucune n'eſt comparable à celle de M. *Wolsſius*, que M. d'*Ozembray*, que nous avons déja cité, a perfectionnée. Quoique M. *Pitot* ſoit perſuadé de la bonté & de la juſteſſe de cette derniere, cependant il a donné dans ſa Théorie, page 69. pour ceux, qui n'auront pas cette Machine, une maniere fort ſimple de connoître les différentes vîteſſes du Vent.

117. Ce n'eſt qu'à un quart de cercle au centre duquel eſt ſuſpendue une boule d'une matiere legere, que conſiſte tout l'artifice de ſa méthode. On preſente ce quart de cercle au Vent; en ſorte que le Vent, ſoufflant contre la boule, la fait monter plus ou moins ſelon ſa force. M. *Pitot* démontre fort bien, que les vîteſſes, dans les différens dégrés de hauteur de cette boule, ſont comme les racines des tangentes des dégrés qu'elle parcourt.

Quelque juſtes que ſoient ces Machines, on ſait, qu'on ne peut s'en ſervir pour eſtimer le chemin du Vaiſſeau, que rela-

tivement à une ſuppoſition erronée, qui en interdiroit l'uſage, ſi elle avoit lieu autant qu'on l'a crû juſqu'ici. Nous examinerons cette queſtion, après avoir donné la deſcription d'une Machine, qui nous paroît rendre l'erreur moins ſenſible, pour ne pas dire nulle.

118. Suivant les experiences de M. *Mariotte*. 1°. Une ſurface d'un pied quarré, qui ſoutient le choc d'un courant perpendiculaire à cette ſurface, qui a un pied de vîteſſe par ſeconde, fait effort d'une livre. 2°. Afin que l'impulſion du Vent ſoit égale à celle de l'eau ſur une même ſurface, ou ſur deux ſurfaces égales, la vîteſſe du Vent doit être 24 fois plus grande que celle de l'eau; d'où il ſuit, que la maſſe de l'eau eſt à celle de l'air comme 576 à 1, ou comme une once à un grain.

Il eſt facile de conclure de-là, que quand le Vent fera l'effort d'une livre, contre une ſurface d'un pied quarré, ſa vîteſſe ſera de 24 pieds par ſeconde; &

de ce que les vîteſſes ſont comme les racines des impulſions, il réſulte, que ſi l'impulſion diminue de 7 onces, la vîteſſe ſera alors à la précedente, comme la racine d'une livre qui eſt 4 à celle de 9, qui eſt 3 : ce qui fournira cette analogie 4 eſt à 24, comme 3 à un quatriéme terme, qui eſt 18 : la vîteſſe ſera donc alors comme 24 eſt à 18.

En ſuivant cette proportion, ſi l'on a une Machine, qui leve des poids ſucceſſivement ſelon la vîteſſe, pour exprimer l'effort de l'impulſion, on pourra connoître les différentes vîteſſes du Vent.

Construction d'un Baroſaneme, ou d'un Peſe-Vent.

Figure 21. 119. La Figure 6 A B C D ω, répréſente la Machine. A B C D H G F E eſt une caiſſe cubique d'un pied. A B C D eſt le fond; & F B C G répréſente un côté. A un demi pied de hauteur de ce côté, & de ſon correſpon-

dant AEHD ſont (en les ſuppoſant) deux fentes en couliſſe, ſur leſquelles eſt ſuſpendue une planche mince 4. K bien unie, d'un pied quarré de ſurface, par une eſpece d'axe 4. 1, qui entre dans les fentes. Aux extrêmités de cet axe, qui coule librement dans les couliſſes, ſont attachés deux cordons de ſoye fort minces, 1. 2 pour le premier côté, 4. 3 pour le ſecond. Les ſoyes, en ſuivant les fentes, paſſent ſous deux rouës 2, 3, fixes dans leurs eſſieux, qui ſont attachées aux points 5 & 6 des côtés, & remontent perpendiculairement à leur premiere direction juſqu'aux extrêmités d'un Levier fixe $\lambda\ \varphi$, où elles ſont arrêtées.

Au milieu de la caiſſe, à un pied de hauteur du fond, s'élevent deux montans *d* 9, 8. 7. d'un demi pied de haut, qui ſoutiennent une Vergue 7. 9, poſée à angle droit, pour ſervir de point d'appui à un Levier M N. Un baſſin *b* eſt ſuſpendu à l'extrêmité M. de ce Levier,

comme dans les balances ordinaires, & par son milieu, passe une soye Z *b*, assez longue, pour tenir 6 grains à 6 lignes de distance chacun, dont trois sont toujours levés, lorsque la situation du Levier est horizontale, pourvû qu'on empêche que l'équilibre se perde, par le poids des trois grains.

La Caisse se ferme de tous côtés, en
Figure 22. laissant néanmoins une ouverture D 6 2 *c* d'un pied quarré, afin que le Vent puisse faire effort sur la Planche, qui est suspenduë dans les fentes. La Machine est ainsi achevée. Elle paroît par la Figure D θ ω x π C A.

Comme il est nécessaire, pour se servir de cette Machine, qu'elle presente son ouverture bien perpendiculairement au Vent, on a partagé le couvert θ π x ω, en deux également, par une ligne E F, au milieu de laquelle est une Boussole arrêtée avec des écrous ou autrement. Une Girouette G I, est au centre de la rose du Vent, qui est divisée, outre ces 32

diviſions, en 360. Cette Girouette, étant ſoutenue par de petites Vergues obliques appuiées ſur le couvert de la Caiſſe, tourne librement au centre de cette Bouſſole.

Dans le même plan de la Girouette, eſt une aiguille I S, pour ſervir d'index; car la Girouette étant toujours dans le plan du lit du Vent, l'Index y ſera auſſi. Lorſque l'Index eſt ſur la ligne du milieu E F, alors la Planche quarrée, qui eſt perpendiculaire à cette ligne, eſt perpendiculaire au lit du Vent, & la Machine eſt dans ſa véritable poſition.

Si l'on a armé la Bouſſole d'une Alidale garnie de deux pinules, on pourra connoître l'angle de la ligne du Vent & de la route, en tournant l'Alidale, pour la mettre dans le plan de la route, & obſervant l'angle, qu'elle forme avec l'Index.

Usage du Barosaneme.

120. Selon nos principes, lorſque le Vent a 24 pieds par ſeconde, ſon effort contre une ſurface quarrée eſt d'une livre; de ſorte que ſi, ayant égard au poids de la Planche, on met alors dans le baſſin *b* un poids d'une livre moins 3 grains, qui doivent toujours être les premiers poids, que le Vent fait lever, l'effort de l'impulſion étant arrêté par le poids, le Levier M N reſtera en équilibre.

Figure 21. Lorſque le Vent augmentera, l'impulſion contre la ſurface 4 K, étant plus grande, fera couler la planche dans les couliſſes, juſqu'à ce que le Levier M N perdant ſon équilibre en N, par la traction de ſoies 12 φ, 43 λ, ait fait lever les grains, qui, agiſſant alors, font équilibre à l'effort du Vent. On a laiſſé, pour cela, un demi pied de hauteur, depuis le Levier juſqu'au couvert de la Caiſſe. Si l'on ajoute au poids, qui eſt dans le baſſin trois grains, le bout M deſcendra, pour

prendre ſa ſituation horizontale. De même, ſi le Vent diminue, le poids étant plus fort, que l'effort de l'impulſion, le Levier perdra ſa ſituation horizontale. Les grains deſcendans, toucheront le fond, & ne feront plus d'effet; alors la planche quarrée ne coulera plus : Cette diminution de poids pourra faire équilibre au Vent. La diminution étant de trois grains, il eſt évident, qu'ayant ôté trois grains du baſſin, le Levier reprendra ſa ſituation horizontale.

121. Par où l'on voit, qu'à meſure, que le Vent augmentera ou diminuera, on augmentera ou on diminuera la quantité des poids, qu'on met dans le baſſin. Le poids ſera donc l'expreſſion de l'effort de l'impulſion : mais les vîteſſes ſont comme les racines des impulſions, donc les vîteſſes ſeront comme les racines des poids.

122. L'effort de l'impulſion du Vent a fait équilibre à une livre dans un certain tems ; il diminue, & l'équilibre

n'exiſte, que lorſque le baſſin n'eſt chargé que d'une demi livre. On demande en quelle raiſon la vîteſſe du Vaiſſeau diminue.

Les vîteſſes du Vent ſont comme les racines des impulſions; les vîteſſes du Vaiſſeau ſont auſſi comme les racines des impulſions : donc les vîteſſes du Vaiſſeau ſont comme celles du Vent : or celles du Vent ſont comme les racines des poids, donc celles du Vaiſſeau ſeront auſſi comme les racines des poids; & dans ce cas comme la racine d'une livre, ou de 16 onces, à celle d'une demi livre, ou de 8 onces.

On a fait 2 lieuës dans une heure, l'impulſion du Vent étant d'une livre. L'impulſion a diminué, & le Vent n'a été en équilibre avec le poids qu'à 9 onces, ou le Vent n'a peſé, ſi on peut parler ainſi, que 9 onces. On veut ſavoir quelle eſt la vîteſſe du Vaiſſeau dans une heure avec cette diminution.

La vîteſſe du Vaiſſeau eſt comme la racine des poids, donc elle eſt comme la racine d'une livre ou 16 onces, à celle de 9 onces. Ainſi on dira, ſi la racine de 16, qui eſt 4, donne 2 lieuës de chemin, combien la racine de 9, qui eſt 3 ? On aura 1 lieuë & demi.

123. Cette regle n'a lieu, que lorſque le Vent varie en vîteſſe, ſans changer de ſituation : mais ſi l'effort de l'impulſion diminuant, le Vent change, c'eſt-à-dire, ſi l'angle du Vent ſur les Voiles n'eſt plus le même, alors la vîteſſe du Vaiſſeau ſera en raiſon compoſée de la raiſon ſimple des ſinus des angles d'incidence du Vent ſur les Voiles, & des racines des poids, qui ſont équilibre au Vent.

Pour faire entrer tous les cas, ſuppoſons, que l'angle du Vent ſur les Voiles change ; ſa force ou ſa vîteſſe ; l'angle de la Dérive: La vîteſſe du Vaiſſeau ſera alors en raiſon compoſée de la raiſon ſimple des ſinus des angles du Vent ſur les Voiles, des racines des poids, qui ex-

priment la force du Vent, & des racines des angles de réſiſtance.

124. Ce dernier Problême paroîtra peut-être un peu compoſé; il n'eſt cependant rien de plus ſimple; ce n'eſt qu'à un produit formé par trois quantités connues, comparées avec un produit formé par trois autres, que s'en borne la ſolution.

Les trois différences ſont données pour deux cas.

L'Angle de réſiſtance eſt de 3 dégrés, dont le ſinus eſt 34202.

Celui du Vent ſur les Voiles, eſt de 21°. 30′ dont le ſinus eſt 36650.

Le poids, que donne notre Machine, eſt de 9 onces.

Donc, ſelon ces ſuppoſitions, on a la racine du ſinus de l'angle de réſiſtance 34202, qui eſt 72; le ſinus de l'angle du Vent ſur les Voiles 36650, & 3 pour la racine de l'expreſſion 9, de l'effort du Vent.

On formera un produit de ces trois quantités. Le

Le ſinus de l'angle du Vent ſur les Voiles. 36650

La racine de l'angle de réſiſtance. 72

La racine de l'expreſſion de l'effort du Vent. 3

On aura ainſi pour produit. 7916400

Ayant l'expreſſion du premier cas, ſoit, pour le ſecond, l'angle de réſiſtance de 5 dégrés, dont le ſinus eſt 8715. L'angle du Vent ſur les Voiles étant ſuppoſé de 30 dégrés, ſon ſinus eſt 50000, l'expreſſion de l'effort du Vent de 4 onces. On formera encore de ces trois quantités un produit.

Sinus de l'angle du Vent ſur les Voiles 50000

Racine de l'angle de réſiſtance, eſt 93

Racine de l'expreſſion de l'effort du Vent. . . 2

Le produit de ces 3 quantités eſt donc. . . . 930000

Pour faire maintenant l'application de ces deux ſuppoſitions, ſi on connoît le chemin qu'on a fait avec le premier produit, on dira, ſi avec la premiere expreſſion, c'eſt-à-dire, avec 7916400, on a fait, dans un certain tems, une valeur connue de lieuës, combien aura-t'on fait avec la ſeconde ſ, qui eſt 9300000? Le quatriéme terme donnera cette différence de chemin.

125. On doit conclure, de tout ce raiſonnement, qu'ayant reconnu une ſeule fois, par une eſtime bien juſte, qu'un Vaiſſeau a fait tant de chemin, dans un certain tems, la force & la vîteſſe du Vent, l'angle du Vent ſur les Voiles, & l'angle de réſiſtance, étant connus, on aura un rapport conſtant, qui ſervira de terme de comparaiſon pour tous les cas, c'eſt-à-dire, pour toutes les routes obliques du Vaiſſeau, pour tous les angles du Vent ſur les Voiles, pour les diverſes forces ou vîteſſes du Vent.

126. Rien n'eſt plus utile que cette maniere d'eſtimer le chemin du Vaiſſeau.

Il ne ſera plus néceſſaire de jetter le *Loch* pour cela, & de ſe fier à cette méthode ſi incertaine, dans la récherche des différences en longitude. Il me paroît, qu'avec une eſtime ſi exacte, on peut attendre avec moins d'inquiétude le *grand Oeuvre* de la Naviga tion: je veux dire les Longitudes. Si ce fameux Problême eſt ſoluble, on ne tardera pas de retirer les grands avantages, attachés à ſa ſolution. Quelque difficile qu'il ſoit, il ne ſauroit échapper à l'érudition & à la ſagacité des illuſtres Perſonnages, qui y travaillent. Leur méthode eſt très-ſavante; & ſi la pratique peut s'accommoder aux ſpéculations de leur ſublime Théorie, la Lune nous ſervira également pour trouver ſûrement un Port, & pour connoître le tems de ſon entrée.

127. Si l'on a compris & goûté notre maniere d'eſtimer le chemin du Vaiſſeau, on doit être inquiet ſur la ſuppoſition erronée, dont nous avons parlé au commencement de ce Chapitre, & en même

tems impatient & jaloux de trouver des raiſons, qui puiſſent diſſiper cette inquiétude, en ne laiſſant aucune lueur d'incertitude ſur notre méthode.

128. Parmi les Savans, qui ont traité la maniere de connoître la vîteſſe abſolue du Vaiſſeau, il y en a peu, qui n'ayent regardé, dans cet examen important, la vîteſſe du Vent infinie eu égard à celle du Vaiſſeau. Voici le fondement de cette erreur.

129. On a ſuppoſé, 1°: Que l'impreſſion, que le Vent fait ſur les Voiles, lorſque le Vaiſſeau eſt en repos, eſt égale à celle qu'il y fait lorſqu'il eſt en mouvement. 2°. Que la vîteſſe du Vent étant uniforme en elle-même, l'étoit auſſi par rapport au Vaiſſeau. Ces deux raiſonnemens ſont également faux. Car, par la premiere ſuppoſition, il eſt évident, que lorſque la vîteſſe du Vaiſſeau eſt accelerée juſqu'à un certain point, le Vent n'agit plus, pour pouſſer le Vaiſſeau, & ne ſert uniquement, qu'à ſurmonter l'effort de la réſiſtan-

ce de l'eau contre la Prouë. L'impreſſion n'eſt donc plus la même par rapport au Vaiſſeau. Quant à la ſeconde, il eſt auſſi clair, que plus la vîteſſe du Vaiſſeau augmente ou diminue, plus la vîteſſe du Vent augmente ou diminue.

130. Des preuves ſi ſenſibles contre la poſſibilité de ces ſuppoſitions, n'étoient pas tout-à-fait ignorées : mais il étoit queſtion d'entrer dans la déduction de cette différence, & par-là compliquer une propoſition, par un calcul, qui ſembloit apporter bien moins de juſteſſe dans la Pratique, que d'obſcurité dans la Théorie. Cependant il ſemble, qu'on auroit dû voir, que bien loin, que cette ſuppoſition approche du vrai-ſemblable, elle en eſt totalement éloignée ; puiſque la vîteſſe du Vent, ainſi que nous avons remarqué, n'eſt que 24 fois plus grande que celle de l'eau ou du Vaiſſeau ; on prend indifféremment l'un ou l'autre.

131. M. *Jacques Bernoulli* ſentit fort bien la réalité de cette fiction, & fit part

au Public, dans les Actes de Leipſic de 1695. page 549. de ſes réfléxions, ſur la déduction, qu'il falloit faire. Le calcul, dans lequel le jetta l'examen de cette queſtion, ne parut pas aſſez convaincant à M. *Jean Bernoulli* ſon frere, pour l'empêcher d'établir ſa Théorie ſur ce fondement; & de ſe conformer en cela au Chevalier *Renau*, & à M. *Huguens*.

132. L'autorité de ces grands Hommes n'a pas ébloui M. *Parent*. Il a fort bien remarqué, que cette Théorie ſatisfera plus les Géometres, qu'elle ne ſera utile aux Pilotes.

133. Si l'on examine la maniere de déterminer les vîteſſes du Chevalier *Renau*, *Huguens*, *Bernoulli*, on ne ſera pas ſurpris, que ces M^rs^ ayent regardé la vîteſſe du Vent par rapport au Vaiſſeau, comme conſtante: mais on auroit lieu de l'être ſi, en ſe ſervant de Machines, pour eſtimer le chemin du Vaiſſeau, on ſe croyoit obligé de la regarder comme telle, afin de ne point s'engager dans le

calcul où jetteroit cette déduction. C'eſt cependant le ſentiment de M. *Pitot*; car après avoir expliqué & appliqué l'uſage de ſa Machine, il finit en avertiſſant, qu'on ne doit point croire cette méthode tout-à-fait exempte d'erreur, mais qu'elle ſera toujours fort petite.

134. Nous croyons, que nous avons fait voir le contraire; & que cette erreur ſeroit très-conſidérable, ſi elle exiſtoit: mais nous n'accordons pas, qu'elle exiſte dans l'uſage des Machines, & ſur-tout dans celui de la nôtre, qui nous paroît en cela beaucoup plus juſte.

Il nous ſemble, qu'on ſe trompe fort, ſi l'on croit, que la Machine, qui eſt ſur le Vaiſſeau, pour marquer les différens dégrés de vîteſſe du Vent, donne la vîteſſe abſolue du Vent; ſelon les raiſons, que nous allons déduire, elle ne ſauroit être que rélative au Vaiſſeau.

135. Si la vîteſſe du Vent varie de même que celle du Vaiſſeau, il eſt évident, que la même variation doit avoir

lieu ſur la Machine, qui eſt entraînée par le Vaiſſeau; puiſque cette différence, qui ſe trouve entre les vîteſſes, n'exiſte, par rapport au Vaiſſeau, qu'eu égard aux impulſions, qui ſont plus ou moins grandes : or les Machines, ne donnant les différentes vîteſſes du Vent, que par rapport aux différentes impulſions, il eſt clair, que de même, que celles, qui ſe font ſur les Voiles ſont plus ou moins fortes, ainſi celles du Vent ſur les Machines. Il eſt vrai, que l'irrégularité du mouvement des Machines ordinaires, peut apporter quelque changement; & c'eſt en cela, que nous croyons, que notre Machine doit être préferée. La planche quarrée répréſentant une petite ſurface de Voile, & recevant comme elles les mêmes impreſſions, le changement, ou le plus ou le moins, doit être dans le même rapport : Nous devons donc conclure, que les vîteſſes du Vent, que marquent les Machines, ne ſont pas abſolues, mais rélatives au mouvement

du Vaiſſeau ; c'eſt *ce que nous voulons prouver.*

REMARQUE.

136. Quelques Phyſiciens ſcrupuleux, pourroient objecter ici, que le rapport de la vîteſſe du Vent à celle de l'eau, n'eſt pas, ainſi que nous avons poſé, comme 576 à 1, mais comme 800 à 1. Il ſeroit aiſé de leur faire voir, qu'ils ne ſont pas mieux fondés à établir ce rapport, que M. *Mariotte* à fonder le ſien ; & pour partager le différend, je dirai, que ni M. *Mariotte*, ni ces Phyſiciens n'ont rigoureuſement raiſon ; que le rapport peut être comme 576 à 1, comme 400 à 1, comme 800 à 1, ou enfin, comme on voudra, pour ôter toute matiere à diſpute : ce qui eſt évident, ſi l'on admet de différens dégrés de condenſation dans l'air.

Mais n'avons-nous pas lieu de craindre, que cette différence, de rapport de l'air avec l'eau, ne change celui de ſa vîteſſe ; & qu'il ſoit faux, que lorſque le Vent

fait effort d'une livre, il ait 24 pieds par ſeconde? On ſent fort bien la juſteſſe de cette conſéquence; on ne ſauroit la nier; & quand même il y auroit quelque diſtinction à faire, que nous importe d'y avoir égard? Puiſque, dans l'uſage, que nous avons fait de ces experiences, nous les avons plûtôt regardées, comme des objets propres à fixer notre imagination, que comme des verités réelles. Le rapport, que nous avons poſé, nous l'aurions pû prendre autrement, en gardant toujours cette valeur conſtante, car il ne s'agit point ici de connoître la vîteſſe abſolue du Vent pour chaque cas, mais la différence pour deux.

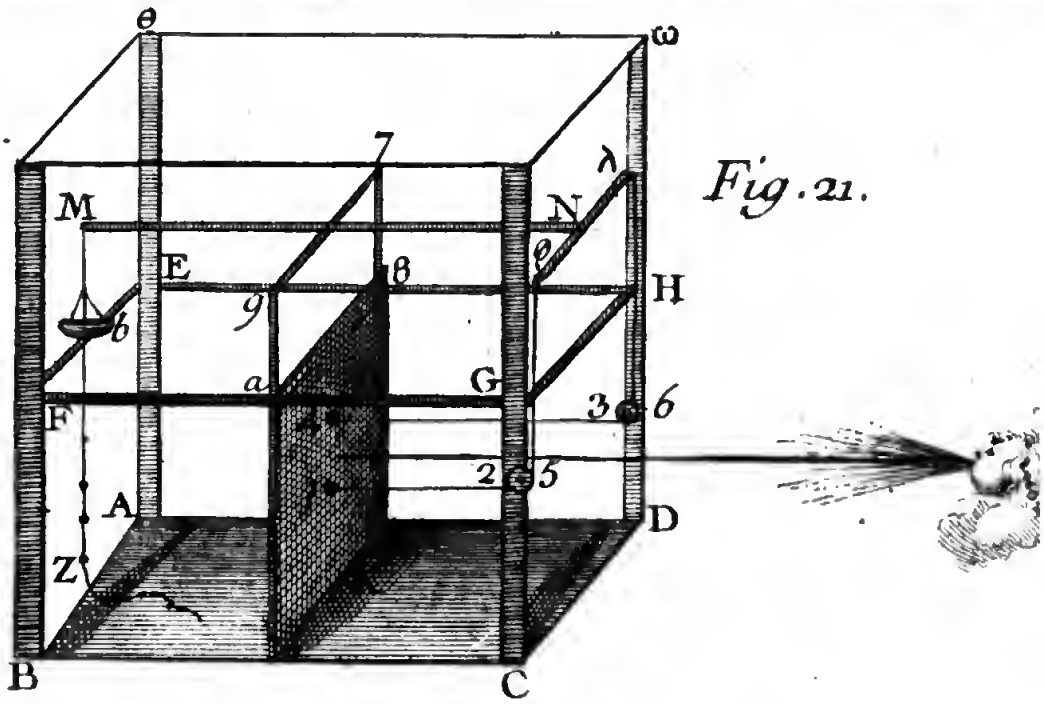
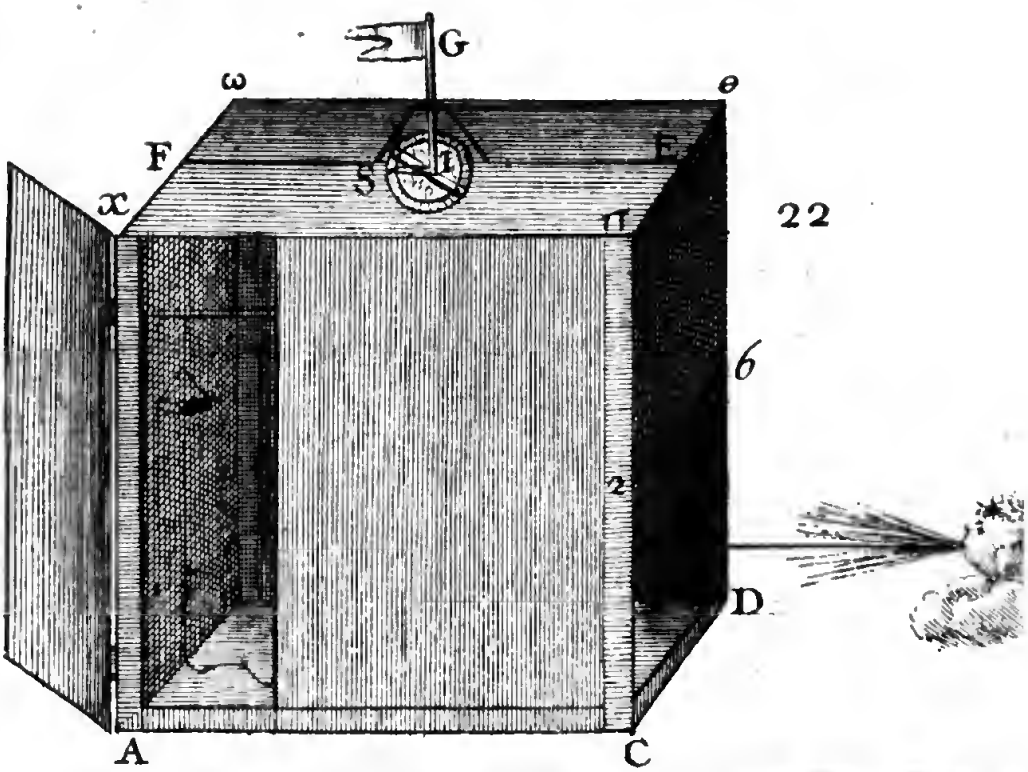


Fig. 21.



CHAPITRE VIII.

De la viteſſe du Vaiſſeau ſelon les différentes ſurfaces des Voiles, & ſelon les différentes Voilures.

137. LORSQU'IL eſt néceſſaire de diminuer le ſillage d'un Vaiſſeau, ſoit pour en attendre un autre, ſoit pour courir moins de riſque dans un Parage dangereux, ſoit pour être moins agité par un Vent forcé, on ſe ſert dans la pratique ordinaire de deux moïens. Le premier conſiſte à freler les Huniers, à armurer les baſſes Voiles, & à les bouliner; afin que le Vaiſſeau n'aille preſque point de l'avant, & dérive ſeulement par une ligne quelconque entre le lit du Vent & la route que l'on ſuit. Le ſecond, que les Marins ont reconnu plus certain, eſt de freler la grande Voile, en ne faiſant ſervir que la Miſaine. On appelle cette Manœuvre, *mettre à la Cape.*

On ſait, que pour diminuer le ſillage du Vaiſſeau, la voïe la plus courte & la plus ſûre eſt de diminuer la ſurface des Voiles. Mais peut-on ſavoir ce qu'on fait, ſi on ignore la diminution de la vîteſſe du Vaiſſeau, eu égard à la diminution des Voiles? Il eſt donc néceſſaire de connoître ce rapport pour déterminer ces vîteſſes.

138. Les angles du Vent ſur les Voiles étant ſuppoſés égaux, & la vîteſſe du Vent uniforme, les impulſions du Vent ſur les Voiles, ſeront comme les ſurfaces des Voiles: mais les vîteſſes du Vaiſſeau ſont comme les racines des impulſions, donc les vîteſſes du Vaiſſeau ſont comme les racines des ſurfaces des Voiles.

La ſurface des Voiles eſt de 900, & le ſillage du Vaiſſeau de 6 lieuës dans quatre heures; on a diminué la ſurface des Voiles d'$\frac{1}{9}$, on demande combien on a diminué la vîteſſe du Vaiſſeau.

Les vîteſſes du Vaiſſeau ſont comme les racines des Voiles: donc elles ſont, dans ce cas, comme la racine de 900 à celle de

100, ou comme 300 à 10 : ainſi on dira, ſi avec 300, on a fait 6 lieuës, combien fera-t'on avec 100 ? On aura 2 lieuës. De ſorte qu'on aura fait, ou on fera avec cette diminution ; 4 lieuës de moins, dans le même tems.

139. Comme c'eſt ordinairement, lorſque le Vent eſt trop fort, qu'on diminue la ſurface des Voiles, pour diminuer le ſillage du Vaiſſeau, il eſt évident, qu'il faut y faire entrer alors les vîteſſes rélatives du Vent ; ce qui eſt très-aiſé. Car les vîteſſes du Vaiſſeau ſont comme les racines des poids, qui expriment ſon effort ; elles ſont auſſi, en diminuant les ſurfaces des Voiles, comme les racines de ces ſurfaces : donc les vîteſſes abſolues ſont en raiſon compoſée de la raiſon des racines des poids, & de celle des ſurfaces des Voiles, ou comme le produit de ces deux quantités.

Le ſillage du Vaiſſeau a été de deux lieuës par heure, le poids du Vent étant de 4 onces, & la ſurface des Voiles, 900 ; le Vent a augmenté, & ſon poids

a été de 9 onces; on a diminué la ſurface des Voiles d'$\frac{1}{9}$ comme auparavant, on veut ſavoir le rapport des vîteſſes.

Le poids eſt de 4 onces, dont la racine eſt 2; la ſurface des Voiles eſt de 900, ſa racine 300: donc la premiere expreſſion eſt 600. Le Vent augmente, & ſon poids a été de 9 onces, & les ſurfaces des Voiles de 100; donc l'expreſſion dans ce ſecond cas, formée par le produit de la racine de 9, qui eſt de 3, & de celle de 100, qui eſt 10, eſt 300. Ainſi on dira, ſi avec 600 on a fait 4 lieuës, combien fera-t'on avec 300? On aura 2 lieuës.

140. Mais ſi en diminuant la ſurface des Voiles, le Vent ayant augmenté, on veut, que le ſillage du Vaiſſeau ſoit toujours le même, c'eſt-à-dire, que, malgré l'effort du Vent, on faſſe toujours le même chemin, il faudra alors diminuer la ſurface des Voiles dans le même rapport, que l'accroiſſement des vîteſſes du Vent; en ſorte que les produits de la racine des Voiles, & de celle des poids, ſoient égaux.

Un Vaiſſeau a fait 8 lieuës dans 3 heures, ayant 900 de ſurface de Voiles & l'expreſſion de la vîteſſe du Vent étant 3, racine de 9 valeur du poids, qui exprime ſon effort : le Vent augmente, & l'expreſſion de ſon effort eſt d'une livre, c'eſt-à-dire, de 16 onces. On veut diminuer la ſurface des Voiles ; en ſorte que, ce qu'on auroit de plus en vîteſſe, par l'augmentation de la vîteſſe du Vent, on le perde par la diminution de la ſurface des Voiles.

L'expreſſion du premier produit 900 par 3 eſt 2700, il s'agit de trouver un nombre, qui, multiplié par la racine de 16 onces, qui eſt 4, donne 2700 ; c'eſt-à-dire, il faut trouver un rapport tel, que 4 ſoit à 900, comme 3 à la diminution. Si l'on cherche le quatriéme terme à cette proportion, on aura 675. Ce nombre ſera celui, qui marquera la quantité, que le Vaiſſeau doit porter de Voiles, pour rendre l'accroiſſement de la vîteſſe du Vent proportionnelle à la diminution des

Voiles. On diminuera donc alors les ſurfaces des Voiles de 225.

Cela eſt évident, puiſque l'augmentation de la vîteſſe du Vent étant à la ſurface des Voiles, comme la vîteſſe du Vent du premier tems, au port de Voiles du ſecond, on aura en *raiſon alterne*, l'augmentation de la vîteſſe du Vent, eſt à la vîteſſe ſimple du Vent, comme la ſurface abſolue des Voiles, eſt à la ſurface diminuée : donc les ſuperficies des Voiles ſont reciproques aux vîteſſes rélatives du Vent : *ce que nous voulions trouver.*

141. Si ayant diminué la ſurface des Voiles, le Vent a augmenté, & que l'angle du Vent ſur les Voiles ait changé, les vîteſſes du Vaiſſeau ſeront alors en raiſon compoſée, de la raiſon ſoudoublée, ou comme les racines, des ſurfaces des Voiles, de la racine des poids, ou de la vîteſſe du Vent, & des ſinus des angles d'incidence, c'eſt-à-dire, comme les produits de ces trois quantités.

142. Outre

142. Outre ces irrégularités, ſi les angles de la Dérive varient, les vîteſſes ſeront alors en raiſon compoſée, des racines des ſinus des angles de réſiſtance, de celles des poids, de celles des ſurfaces des Voiles & des ſinus des angles du Vent ſur les Voiles. De la ſolidité des Chapitres précedens, dépend la juſteſſe de ces conſéquences.

143. Cette queſtion conduit naturellement à une, qui, quoique plus rare dans la pratique, que les autres, n'en eſt pas cependant moins importante. Il s'agit de connoître les différentes vîteſſes d'un Vaiſſeau, dans ſes différentes Voilures, de Vent arriere, de Vent de Bouline, de Vent Largue & de tout autre Vent. La ſolution de ce Problême, eſt fondée ſur la connoiſſance, de l'expreſſion de la vîteſſe du Vaiſſeau par un Vent arriere, & de celle par tout autre Vent.

144. Suppoſons, qu'un Vaiſſeau porte, de Vent arriere, 676 pieds quarrés de

ſurface de Voiles ; les Voiles étant alors perpendiculaires au Vent, l'angle du Vent ſur les Voiles eſt de 90 dégrés ; la Dérive eſt nulle, & par conſéquent l'angle de réſiſtance : donc on peut regarder la réſiſtance de l'eau contre le Vaiſſeau, comme le premier terme de la réſiſtance dans toutes les Dérives, puiſqu'il eſt évident, que plus la ligne moïenne de la force mouvante, approche de la Quille, & moins le Vaiſſeau trouve de réſiſtance à fendre l'eau. Cela étant, le produit du ſinus de l'angle du Vent ſur les Voiles, qui eſt 100000 par 26 racine de 6, ſera l'expreſſion de la vîteſſe du Vaiſſeau par le Vent arriere : Ce produit eſt 2600000.

Si nous voulons comparer cette vîteſſe avec un Vent de Bouline, ou en ſerrant le Vent le plus près qu'il eſt poſſible, nous prendrons dans la Table 1 dégré 20 minutes dont le ſinus eſt en augmentant de 10 minutes, pour ſe ſervir de notre Table ci-jointe des ſinus) 2617.

La ſurface abſolue des Voiles étant ſuppoſée de 900, leur racine eſt 300; & l'angle de reſiſtance étant de 30 minutes, ſon ſinus eſt 872, & la racine de ce ſinus 29. Tout cela poſé, pour avoir l'expreſſion de la vîteſſe, dans ce cas, nous ferons attention, que les réſiſtances étant comme nulles dans le Vent arriere, & réelle, dans celui de Bouline; on ne ſauroit les comparer; il s'agit ſeulement d'examiner combien l'angle de réſiſtance diminue la vîteſſe dans cette route oblique; de la déduire du produit du ſinus de l'angle du Vent ſur les Voiles par la racine des ſurfaces, pour avoir l'expreſſion du Vent de Bouline.

Nous avons déja vû, que les racines des ſinus des angles de réſiſtance expriment les diminutions des vîteſſes dans les routes obliques: donc ſi, du produit du ſinus du Vent ſur les Voiles 2617 par la racine des ſurfaces des Voiles 300, c'eſt-à-dire, de 785100 on ſouſtrait 29 racine du ſinus de l'angle de réſiſtance,

on aura 784071, pour l'expreſſion de la vîteſſe du Vaiſſeau par un Vent de Bouline.

Pour comparer les différentes vîteſſes du Vaiſſeau ſelon ces deux différentes Voilures, on dira: ſi avec 2600000, expreſſion du Vent arriere, on a fait une certaine quantité de lieuës, dans un certain tems, combien fera-t'on dans un même tems, avec 785071, qui eſt l'expreſſion du Vent de Bouline? Le quatriéme terme de cette proportion, donnera la vîteſſe du Vent de Bouline, qu'on comparera avec celle du Vent arriere.

145. Ce qu'on donne ici pour le Vent de Bouline, on doit l'entendre auſſi pour le Vent Largue, & pour tous les autres ſelon leurs divers angles d'incidence ſur les Voiles. Une choſe eſſentielle, qu'on doit obſerver, eſt une connoiſſance exacte de la quantité des ſurfaces des Voiles qu'on porte, qui eſt preſque toujours différente, non ſeulement aux différens Vaiſſeaux, mais encore aux différentes Voilures. Cette difficulté eſt facile à

lever aux Officiers & aux Pilotes, qui montent un Vaiſſeau, puiſqu'ils peuvent connoître le port ou la quantité de ces Voiles.

Si par haſard, dans cet examen, le Vent venoit à augmenter, il faudroit y faire entrer les vîteſſes rélatives du Vent; de ſorte que les vîteſſes abſolues du Vaiſſeau ſeront alors en raiſon compoſée, des différentes expreſſions & des vîteſſes rélatives du Vent.

146. Dans ces trois Chapitres, nous avons déterminé les vîteſſes du Vaiſſeau, pour les différentes Dérives, pour les différentes forces ou vîteſſes du Vent, pour les différentes ſurfaces des Voiles, pour les différentes Voilures. Ce ſont-là, je penſe, tous les cas, qui peuvent faire varier les vîteſſes. Nous avons donc terminé ici l'examen, qui concernoit ces importantes connoiſſances. Si des queſtions ſi néceſſaires ont merité notre attention, celles que nous allons développer n'en ſont pas moins dignes. Il s'agit de la

ſolution de pluſieurs Problêmes également utiles pour le ſuccès d'un combat naval, & pour la ſûreté du Commerce maritime.

CHAPITRE IX.

Solution de trois importans Problêmes : 1°. Connoître ſi l'on eſt au Vent ou ſous le Vent d'un autre Vaiſſeau. 2°. Trouver combien on a gagné ou perdu au Vent. 3°. Prendre le deſſus du Vent.

PROBLÊME I.

147. DEUX Vaiſſeaux A & B étant en pleine Mer, on veut ſavoir s'ils ſont également au Vent, ou s'il y en a un, qui ſoit ſous le Vent de l'autre ; & ſuppoſé qu'ils ſoient dans des circonſtances égales, on demande de déterminer le point où ils ſe rencontreront dans le premier cas, & leur éloignement dans le ſecond. Figure 23.

Examinés avec un Graphomêtre, ou avec un Compas de variation, qui eſt un inſtrument, dont on ſe ſert ſur Mer pour connoître la déclinaiſon de l'aiguille aimantée, ſi le Vaiſſeau A, d'où je ſuppoſe qu'on a fait l'opération, eſt ſur la même ligne, que le Vaiſſeau B. On connoîtra cela, ſi l'endroit du Vaiſſeau B, qu'on découvre par la fente de la pinule, répond à celui du Vaiſſeau, où l'on eſt. On a fait, par exemple, l'operation au grand Mât, le diamêtre du Compas, ou du Graphomêtre, où les deux pinules ſont fixées, étant perpendiculaire au lit du Vent; on a rencontré, en regardant par les fentes de ces pinules, le grand Mât du Vaiſſeau B; le Vaiſſeau A ſera alors également au Vent avec le Vaiſſeau B. Or dans cet état, je dis, que ſi ces deux Vaiſſeaux viennent à la rencontre avec des circonſtances égales, ils ſe joindront, à égale diſtance, à un même point.

Demonstration. Par l'obſervation,

les angles de la ligne du Vent & de la ligne ſur laquelle ſont les deux Vaiſſeaux A & B. ſont droits, donc l'angle V S T, eſt égal à l'angle V T S.

Les circonſtances étant égales, l'angle V S X ou ſon égal oppoſé par la pointe I S Y, eſt égal à l'angle Z T V, ou à ſon égal R T I: mais l'angle I S Y, eſt complement de l'angle T S I, de même l'angle R T I, eſt complement de l'angle I T S: donc les complemens étant égaux, les angles ITS, TSI le ſeront auſſi. Or le triangle I S T, ayant les deux angles ſur la baſe égaux, eſt iſocele, donc le côté SI eſt égal au côté IT; & par conſéquent les Vaiſſeaux A & B, ayant des vîteſſes égales, parcourront en même tems les lignes I S, I T, & ſe joindront au même point I. *Ce qu'il falloit démontrer.*

148. Mais ſi le raïon viſuel, qui paſſe par les fentes des pinules, ne rencontre pas le Vaiſſeau B, & qu'au lieu d'être en S, on ſoit obligé de tourner l'Alidale pour le découvrir en Z; le Vaiſſeau A

ſera au Vent du Vaiſſeau B, de la valeur de l'angle Z T S. Cela étant, ſi ces deux Vaiſſeaux partent en même tems, avec des circonſtances égales, ils arriveront à même diſtance; & le Vaiſſeau A conſervera toujours ſon avantage. Le Vaiſſeau B étant en E, ſuppoſons, que le Vaiſſeau E répréſente le Vaiſſeau B, & le Vaiſſeau B, le Vaiſſeau A : Les mêmes conditions exiſtent toujours, & la démonſtration en devient plus ſimple.

Demonstration. Puiſque la ligne du Vent V Y fait avec la route les angles G Z Y, I S Z égaux, par la démonſtration précedente, il ſuit, que les lignes G Z, I S ſont paralléles; les angles égaux G Z Y, I S E, étant alternativement oppoſés. Mais la ligne Z S eſt auſſi paralléle à G I; la ligne F D, répréſentant la ligne du Vent; donc la figure S I G Z eſt un paralléloграme, dont les côtés oppoſés ſont égaux; & par conſéquent le côté S Z eſt égal au côté I G, & le côté G Z, au côté I S. Or les viteſſes de ces deux

Vaiſſeaux ſont ſuppoſées égales, donc dans le tems que le Vaiſſeau B parcourra la ligne SI, le Vaiſſeau E parcourra ZG: d'où il ſuit, qu'arrivant en même tems, le Vaiſſeau B ſera diſtant du Vaiſſeau E, de la quantité SZ égal à IG. *Ce qu'il falloit démontrer.*

PROBLÊME II.

149. Un Capitaine, après avoir couru quelque tems, ſouhaite ſavoir ce qu'il a perdu au Vent, l'angle de la route, & la diſtance étant connus.

Figure 24. Un Vaiſſeau eſt parti du point A, la ligne du Vent étant VD, & a couru AB qu'on connoît par eſtime. Si, du point B de l'arrivée, on abaiſſe ſur la ligne AD une perpendiculaire en idée, en ſe ſervant du Compas de variation ou du Graphomêtre, on formera un triangle ABC rectangle, duquel on connoîtra l'angle BCA, qui eſt droit, l'angle CAB, par la ſuppoſition & ſon complement

C B A ; on aura donc dans le triangle A B C, le côté A B, & les deux angles aigus de connus : on doit donc connoître tout le reſte par un calcul trigonometrique.

Or il eſt néceſſaire de connoître ici la ligne A C, qui exprime la quantité, dont le Vaiſſeau a perdu au Vent : on fera donc cette regle de proportion : comme le ſinus total eſt au ſinus complement, ainſi le côté A B, qui eſt connu, eſt au côté A C, que l'on cherche.

150. Si l'on veut s'éviter la peine du calcul, on pourra par le Quartier de réduction réſoudre ce Problême, en faiſant l'angle de la ligne Nord & Sud du Quartier, avec le fil, qui eſt au centre, égal à l'angle aigu connu de la ligne du Vent & de la route. On comptera enſuite, ſur le fil, le nombre des lieuës de diſtance, par le nombre des arcs de cercle : (comme dans les Problêmes du Pilotage.) Le paralléle, qui marquera le point de l'arrivée ſur la ligne Nord & Sud, donnera

le côté opposé à l'hipothénuse du triangle ainsi formé, qui exprimera, par le nombre des Méridiens, la quantité de lieuës, dont on a perdu au Vent.

L'angle de la ligne du Vent & de la route est de 45 dégrés; le chemin 20 lieuës. On demande combien on a perdu au Vent.

Prenés le rumb du Vent, qui fait avec la ligne du Nord & Sud 45 dégrés; comptés sur cette ligne le nombre des lieuës de chemin par celui des arcs de cercle. Le Méridien, qui coupera le point de l'arrivée, donnera, sur la ligne Nord & Sud, le nombre des lieuës, qu'on a perdu au Vent, par le nombre des Paralléles compris entre le point du départ, qui est le centre du quartier, & le Paralléle de l'arrivée. Ce côté est répresenté, dans la Figure précedente, par le côté AC; il donnera, dans cet exemple, 14 lieuës.

151. Mais si le Vaisseau fait la route AB, le rumb de Vent étant en LA,

& qu'on veuille ſavoir, dans ce cas, la quantité, dont le Vaiſſeau a gagné au Vent ; abaiſſés, comme auparavant du point de l'arrivée B, la perpendiculaire BI. On formera encore, un triangle rectangle dont les angles aigus & le côté AB ſont connus ; on pourra donc par un calcul de Trigonomêtrie, ou par le Quartier de réduction, connoître CB ou AI, qui exprime la quantité dont le Vaiſſeau a gagné au Vent.

La ſolution de ces deux Problêmes nous fournit celle d'un troiſiéme très-eſſentiel. On en jugera par l'Expoſé.

PROBLÊME III.

152. Deux Vaiſſeaux étant également au Vent, ainſi qu'il a été reconnu par le premier Problême, tâchent à l'envi de prendre le deſſus du Vent. Le premier, croyant gagner davantage au Vent, ſerre le Vent le plus qu'il eſt poſſible. L'autre, comptant peu ſur la méthode de ſon Adverſaire, donne un plus grand angle

aux Voiles, pour aller plus vîte. On demande quel eſt celui qui l'emportera.

Cette queſtion, ſuppoſant néceſſairement les Vaiſſeaux égaux, ou à quelque choſe près, ſe réduit à connoître, ſi, pour gagner davantage au Vent, il eſt plus avantageux de ſerrer le Vent le plus qu'il eſt poſſible, que de gagner en vîteſſe, en donnant un plus grand angle aux Voiles.

153. Pour réſoudre ce Problême, il faut connoître l'angle du Vent ſur les Voiles dans ces deux cas, & les angles de réſiſtance, dont on formera deux produits. Ces deux produits, qui exprimeront les vîteſſes, pourront être pris pour l'expreſſion du chemin dans ces deux ſituations de Voiles.

L'angle le plus avantageux, pour aller à la Bouline, eſt 1 dégré 20 minutes, qui, augmenté de 10 dégrés, par la raiſon, que nous avons donnée ci-devant, a pour ſinus 2617. L'angle de réſiſtance étant ſuppoſé de 30 minutes, ſon ſinus eſt 872, dont la racine eſt 29; de ſorte que l'ex-

preſſion de la vîteſſe, dans ce cas, ſera 25288.

Dans la ſeconde ſituation, l'angle du Vent ſur les Voiles eſt de 15 dégrés, dont le ſinus eſt 25881. Si nous ſuppoſons l'angle de réſiſtance de 5 dégrés, ſon ſinus ſera 8715, & ſa racine 93. Multiplions le ſinus de l'angle d'incidence par cette racine, nous aurons 2406933 pour l'expreſſion de ce ſecond cas.

Ces deux expreſſions pourront être priſes pour la valeur des lieuës faites ſur le rumb de Vent, ou pour la grandeur de l'hipothenuſe du triangle rectangle, qu'on doit former, afin de connoître quelle eſt la ſituation la plus avantageuſe des Voiles, pour gagner au Vent le plus qu'il eſt poſſible.

Dans cet exemple, l'angle du Vent & de la route eſt, ſelon la Table des ſituations les plus avantageuſes des Voiles, de 4 dégrés. L'hipothenuſe eſt 25288; ainſi on dira : comme le ſinus total eſt au ſinus

complement de 4 dégrés, de même 25288 eſt au côté que l'on cherche. Le quatriéme terme de cette proportion marquera combien on a gagné au Vent.

L'angle du Vent & des Voiles étant de 15 dégrés dans la ſeconde ſituation, nous trouvons, dans la Table des ſituations les plus avantageuſes des Voiles, l'angle le plus proche de 15, 16 dégrés 5 minutes, & pour l'angle du Vent & de la route 46 dégrés. L'expreſſion de l'hipothenuſe eſt 2406933 : on formera encore cette proportion : comme le ſinus total, eſt au ſinus complement de 46, ainſi 2406933 eſt à un quatriéme nombre. L'expreſſion de ce nombre marquera combien on a gagné au Vent avec cette ſeconde ſituation ; il ſera enſuite aiſé de la comparer avec l'autre, pour connoître quelle eſt la plus avantageuſe, pour prendre le deſſus du Vent.

154. Il eſt bon d'obſerver, qu'on a négligé, en formant l'angle du Vent & de de la route, l'angle de la Dérive. Il faudra

dra cependant y avoir égard, & l'ajouter à l'angle du Vent & de la Quille, ou de la route, qui eſt marqué dans la Table. Si l'on réduit 25288 & 2406933 à des plus petites expreſſions, on réſoudra aiſément ce Problême par le Quartier de réduction.

155. Par l'exemple, que nous venons de donner, on voit la méthode, qu'on doit ſuivre, pour connoître quelle eſt la ſituation la plus avantageuſe de la Voile, afin de gagner au Vent le plus qu'il eſt poſſible : mais il faut convenir, que nous ne pouvons donner cette ſituation. Les connoiſſances, dont elle dépend, ſont trop variables, pour établir quelque choſe de certain : je parle des angles de réſiſtance, qui ſont plus ou moins grands, ſelon les différentes formes des Vaiſſeaux. Nous croyons, que ce n'eſt qu'après avoir connu cet angle, qu'on peut déterminer la ſituation la plus avantageuſe. Si l'on conſulte la

Table des angles de réſiſtance, dont nous avons parlé dans le Chapitre VII. il ſera facile de déterminer cette ſituation, & de former, ſi l'on veut, une Table, pour la quantité dont on gagnera au Vent, dans chaque ſituation.

REMARQUE.

156. Ce que nous venons de dire d'un Vaiſſeau, pour déterminer la ſituation la plus avantageuſe de la Voile, afin de gagner le plus au Vent, s'applique naturellement à deux, trois Vaiſſeaux, & même à deux Flottes ennemies, qui ſe diſputent l'avantage. Il eſt vrai, qu'on ne peut faire une comparaiſon juſte; parce qu'il faudroit, pour cela, connoître les différentes formes des Vaiſſeaux. Si cette difficulté nous prive d'un avantage ſi conſidérable, nous jouiſſons de celui, que nous procure la connoiſſance de la diſpoſition la plus avantage, pour gagner le plus au Vent, & de faire ainſi la meilleure Manœuvre, qu'il eſt poſſible. C'eſt

là tout ce que l'Art peut fournir, & qu'on ne sauroit pratiquer, sans beaucoup de succès.

CHAPITRE X.

Quel est l'air du Vent, qu'on doit prendre pour couper un Vaisseau, & pour lui donner la chasse. Des diverses Manœuvres de Pratiques : distinction de deux sortes.

157. ON suppose, que le Vaisseau A veut atteindre le Vaisseau ennemi B, pour lui couper la route. On demande quel est l'air de Vent, qu'il doit suivre afin de le joindre le plûtôt qu'il est possible.

Prenés avec le Compas de variation, ou avec un Graphomêtre, la quantité dont le Vaisseau A est au Vent du Vaisseau B, c'est-à-dire, cherchés l'angle, que fait la ligne S D perpendiculaire au lit du Vent, avec le raïon visuel ST. Cet angle connu, Figure 15.

pour couper le Vaiſſeau B, qui court en F, il faut, que l'angle de la route, qu'on doit ſuivre, avec le raïon viſuel S T, ſoit égal à l'angle formé par le même raïon S T, & la ligne de la route S F.

Pour connoître cet angle, nous remarquerons, que dans le triangle D T S, nous avons l'angle B D A, qui eſt droit; l'angle D S T eſt connu par l'opération, donc nous connoîtrons ſon complement D T S. Nous pourrons ainſi faire un angle T S F, qui lui ſoit égal. Suppoſons l'angle D S T de 40 dégrés; il eſt certain, que l'angle D T S, qui eſt ſon complement, ſera de 50; de ſorte que pour avoir un angle, qui lui ſoit égal, il n'y a qu'à former avec le raïon viſuel S F, & la perpendiculaire S D, un angle de 10 dégrés; l'angle F S T ſera de 50, & par conſéquent égal à l'angle S T F.

158. De cette opération, il réſulte, que le Vaiſſeau A, aura autant à courir que le Vaiſſeau B; car les angles F S T, F T S étant égaux, le triangle S F T eſt

iſocele, & par conſéquent le côté S F eſt égal au côté T F.

Par cette Manœuvre, on conçoit aiſément, que le Vaiſſeau, en pourſuivant le Vaiſſeau B, conſervera toujours ſon avantage : j'ajoute, qu'il l'atteindra le plûtôt qu'il eſt poſſible, & que ſi le Vaiſſeau A ſuit une route S G, qui forme avec le raïon viſuel S T un angle plus petit, que l'angle S T F, le Vaiſſeau A riſquera de perdre, par l'éloignement, ce qu'il avoit de plus en vîteſſe, & de manquer le Vaiſſeau B. Un pareil inconvénient arrivera, ſi l'angle eſt plus grand.

Demonstration. L'angle G S T eſt plus petit, que l'angle S T G : donc, par la proportion 18. d'Eucl. le côté G S. oppoſé au grand angle G T S, eſt plus grand que le côté G T.

Le Vaiſſeau B, ayant moins à courir, que le Vaiſſeau A, arrivera plûtôt au point G, & par conſéquent le Vaiſſeau A ne pourra le couper ; il ſera obligé de changer ſa route. La Manœuvre, néceſſaire pour cela,

donnera le tems au Vaiſſeau B, de s'éloigner, & de ſe mettre à couvert de la pourſuite de ſon Ennemi.

159. Je dis, en ſecond lieu, que ſi l'angle formé par la route & le raïon viſuel eſt plus grand, que l'angle F S T, le Vaiſſeau B perdra encore ſon avantage.

L'angle K S T étant plus grand, que l'angle K T S, le côté K S, oppoſé à l'angle K T S, ſera plus petit, que le côté K T oppoſé à l'angle K T S; de ſorte que le Vaiſſeau A arrivera trop tôt ſur la ligne K T, & ſe mettra en danger, en revirant, de perdre le Vaiſſeau B.

160. Cette regle eſt certaine; il eſt néanmoins deux réflexions à faire, avant que de ſe déterminer à ſuivre aucun air de Vent, lorſqu'on donne la chaſſe à un Vaiſſeau. Il faut d'abord obſerver, ſi la diſtance des deux bordées du Vaiſſeau, ſur lequel on chaſſe, eſt grande ou petite. Si elle eſt petite, on doit courir deſſus. Si elle eſt grande, il ne faudra point revirer deſſus, parce qu'étant obligé

de courir trop loin, on riſqueroit de perdre le Vaiſſeau ennemi, s'il changeoit tant ſoit peu ſa route. Or toute la difficulté ſe réduit, à trouver la véritable diſtance, à laquelle on doit revirer deſſus.

Soit le Vaiſſeau A qui donne chaſſe au Vaiſſeau B. Suppoſons, que le Vaiſſeau A aille plus vîte, comme auparavant, que le Vaiſſeau B, avec cette reſtriction, cependant, que pour peu, qu'il retarde ſa marche, il perde ſon avantage. Figure 25.

Pour connoître le point, auquel le Vaiſſeau A doit revirer deſſus, on pourroit y parvenir par la méthode que nous venons de donner : cependant ſi le Vaiſſeau A eſt beaucoup diſtant du Vaiſſeau B, on fera fort bien de courir paralléle-ment au Vaiſſeau B ; juſqu'à ce que par la vîteſſe, qu'on a de plus, on gagne quelque avantage. On dirigera enſuite avec le Compas ou avec le Graphomêtre, une route E D, qui donne D E un peu plus grand, que B D (on ſuppoſe que le Vaiſſeau B a couru vers D), afin qu'on ne

perde rien en revirant. Si l'on coupe alors le Vaiſſeau B, on s'en approchera, quoiqu'il change un peu ſa route; & pour l'atteindre, on fera la même Manœuvre, qui jettera infailliblement le Vaiſſeau A dans ſes eaux.

Si la diſtance des deux bordées des Vaiſſeaux A & B eſt petite, il ne faudra pas perdre ſon tems, à courir paralléle-ment, mais on coupera en faiſant l'angle de la route avec le raïon viſuel un peu plus grand, que celui de ce même raïon, & de la route du Vaiſſeau B, pour ne rien perdre en revirant. Enfin, tout le ſoin d'un Capitaine, qui donne chaſſe à un Vaiſſeau, conſiſte à relever très-ſouvent avec le Compas, le Vaiſſeau qu'il pourſuit, afin de diriger ſûrement ſa route, pour lui donner deſſus.

161. Mais ſi au lieu de chaſſer, on ſe trouve plus foible, & qu'on ſoit chaſſé par l'Ennemi, on obſervera exactement toutes les fautes, qu'il pourra faire; & on ne manquera pas de mettre tous ces avantages à profit. Si la Manœuvre de l'Adverſaire eſt bonne, le meilleur parti,

qu'on puiſſe prendre, eſt de changer ſouvent de route ; de couper toutes les fois, qu'il revirera ſur vous, ſans s'embarraſſer de tenir beaucoup le Vent. Joignant la ruſe à l'habileté, on examinera, ſi le Vaiſſeau, que l'on monte, a quelqu'avantage ſur le Vaiſſeau ennemi ; ce qu'on connoîtra en le faiſant aller de Vent Largue ou au plus près ; car il y a des Vaiſſeaux, qui iront mieux d'une façon, que de l'autre. On tâchera de s'écarter ainſi, juſqu'à ce que le Vent changeant, on puiſſe profiter de cet avantage.

162. Cette Manœuvre eſt très-importante & très-utile. Il eſt dommage, qu'on ne puiſſe pas l'aſſujettir à des regles plus rigides. L'intelligence des Manœuvriers, & la pratique y ont beaucoup de part. Les regles qu'on doit ſuivre pour les *Abordages*, pour la maniere de *mettre en pane*, *d'inveſtir une terre*, *d'affourcher*, *d'appareiller*, *d'empêcher qu'un Vaiſſeau ne faſſe Chapelle*, *&c.* dépendent ſeules des circonſtances & de l'experience.

On ſait, que la regle générale de la premiere Manœuvre, je veux dire des *Abordages*, conſiſte à élonger la Civadiere, & d'inveſtir avec les Huniers à mi-Mât le Vaiſſeau ennemi par la Prouë, en gouvernant avec la Poulaine. Cette Manœuvre ne ſe fait, que lorſque le Vaiſſeau, qu'on aborde eſt arrêté. Les regles, qu'on ſuit, lorſqu'il fait Voile, exigeroient un grand détail: elles ne dépendent que de la pratique, & peu des Marins les ignorent.

La ſeconde Manœuvre qu'on fait, pour *mettre en pane*, c'eſt-à-dire, pour rendre un Vaiſſeau immobile, eſt fondée ſur les différentes ſituations des Voiles. On les contrarie les unes aux autres; en ſorte que l'effort du Vent, qui ſe fait ſur celles-ci, ſoit contre-balancé par celui, qui ſe fait ſur celles-là. Ces deux efforts contraires ſe détruiſant mutuellement, le Vaiſſeau ne ſuit aucune direction, & il eſt ainſi, qu'on le ſouhaite.

163. Ce que nous diſons ici de ces

Manœuvres, nous pourrions le dire des autres; & nous ne ſerions en cela, qu'apprendre, ce qu'on ſait déja. Mon deſſein n'eſt pas de traiter ces ſortes de Manœuvres, qui ne dépendent, que de la pratique. Nous nous ſommes bornés, dans cet Ouvrage, à examiner celles, qui ſont fondamentales à la Manœuvre générale, & qui ſont ſoumiſes à des regles. Tel étoit notre Plan; ce ſeroit beaucoup de l'avoir rempli. On verra, en réduiſant cette Théorie en pratique, combien les regles, que nous avons établies ſont utiles, & quels avantages on en retirera.

Les perſonnes, qui ſeront curieuſes de ſavoir comment ſe font les dernieres Manœuvres, dont nous venons de parler, ainſi que pluſieurs autres de même eſpece, pourront conſulter le Traité de la Manœuvre du Pere *Hoſte* dans le IIIe Tome de ſon *Recueil des Traités de Mathématique.* On trouvera auſſi dans l'*Exercice de la Manœuvre* du Chevalier de *Tourville*, Livre très-rare, l'uſage particulier de chaque Manœuvre.

164. Outre ces Manœuvres, qui regardent un Vaiſſeau par rapport à un autre, il eſt néceſſaire à tous les Marins, & particulierement aux Officiers, de ſavoir gouverner ces Vaiſſeaux particuliers rélativement à pluſieurs, ſoit pour *former un ordre de bataille*, pour *le rétablir lorſque le Vent a changé*; pour *changer la diſpoſition d'une Eſcadre*; pour *forcer l'Ennemi au combat*; pour *traverſer une Armée ennemie*, pour *la mettre hors d'inſulte dans un Port*, & une infinité d'autres très-néceſſaires & très-curieuſes. Il n'y a, je penſe, que le Pere *Hoſte*, qui ait traité ces dernieres Manœuvres. Elles ſont réunies avec beaucoup d'ordre dans un Livre intitulé l'*Art des Armées navales*. Ce Livre renferme quantité d'exemples. Quoiqu'il ne ſoit fondé, que ſur l'experience & ſur la pratique, on ne ſauroit trop récommander aux Marins, & principalement aux Officiers, de le lire ſouvent. Il ne peut que leur être très-utile, en attendant qu'on ait pû aſſujettir

une partie de ces Manœuvres à des loix.

165. De toutes les Manœuvres, il n'y en a peut-être aucune plus importante & plus délicate, que celle qu'on doit faire dans le cas d'une Tempête. Perſonne n'ignore les triſtes accidens, qui arrivent tous les jours, & combien il ſeroit avantageux de trouver des moïens de les prévenir. Il n'y a aucun Auteur, qui ait traité de la Marine, qui n'ait fait là-deſſus de grandes réfléxions, avec déſir, ſinon d'éviter entierement tous les malheurs, que la Tempête cauſe, du moins, pour les rendre moins fâcheux. Le ſuccès n'a pas été le fruit de leurs travaux.

166. Le Pere *Dechalles* rapporte cependant, dans ſon *Art de naviguer*, page 28, qu'un nommé *Caſe* de Lyon, ayant remarqué fort judicieuſement, que les Flots étoient fort différens des Courans, conjectura, qu'en jettant dans la Mer une Anteinne avec ſa Voile chargée par le bas de quelques boulets de canon; en ſorte que le Vaiſſeau fût contraint de

l'entraîner avec toute l'eau qu'elle renferme, il en ſeroit moins agité, & pourroit ſouffrir une petite Voile, ſans faire néanmoins beaucoup de chemin. En ſe ſervant de petits Batteaux, on fit pluſieurs experiences dans de gros tems, avec beaucoup de ſuccès. On remarqua auſſi un effet, qu'on n'avoit point prévû, qui n'étoit pas moins avantageux, que le précedent.

Par ce moïen il regnoit autour du Vaiſſeau une ſorte de Bonace; parce que les Flots, qui étoient renfermés dans cette Voile, s'y briſoient, ſans agiter le Vaiſſeau.

167. Une découverte paroît quelquefois peu utile, qui perfectionnée devient ſouvent très-avantageuſe. Un Capitaine * du Regiment Royal Artillerie, Chevalier de l'Ordre Militaire de S. Louis, dont le génie & les rares talens ſont priſés de toutes les perſonnes, qui ont le bonheur de le connoître, me fit part d'une

* M. Dupleſſier de Franſart.

idée qu'il avoit euë, & que les Marins avoient miſe en pratique avec ſatisfaction. Soit qu'il connût, ou qu'il ignorât l'experience précedente, il conſeilla de jetter des filets au lieu de la Voile. Je ne décide rien ſur cette experience, ne l'ayant point vûë. Il me paroît qu'on ne doit pas negliger de la faire & de la repeter. Des avantages auſſi conſidérables, que ceux, qui pourroient en provenir, doivent être recherchés avec ſoin.

168. Il eſt néceſſaire d'obſerver, qu'on ne doit pas ſe promettre, dans l'eſtime du chemin du Vaiſſeau, une rigoureuſe exactitude; parce que nous avons négligé les Marées & les Courans, auſquels il eſt impoſſible d'avoir égard. C'eſt-là un obſtacle inſurmontable dans toutes les pratiques de la Navigation. Le défaut, que cauſeront ces inconvéniens à nos regles, ſera toujours très-petit. Dans la pratique des Arts, doit-on aſpirer à ce haut dégré de juſteſſe? Quelques efforts que l'on faſſe, elle ſera toujours ſuſceptible du plus ou du moins.

REMARQUE.

169. Dans le cours de cette Théorie ; nous avons évité avec grand ſoin les Calculs Algébraïques, & nous avons rejetté les voïes compliquées ; dont on s'étoit ſervi juſqu'ici pour la ſolution de la plûpart des Problêmes. Nous nous flattons d'avoir rempli ce que nous avions promis dans cet Ouvrage. Comme cette reſtriction pourroit priver des Officiers plus verſés dans les Mathématiques, de quelques démonſtrations, que nous nous ſommes vûs contraints d'abandonner, nous croyons, qu'ils ſeront bien aiſes de les voir ici. Ces démonſtrations roulent ſur la ſituation la plus avantageuſe du Gouvernail & de la Rame. Nous omettons les calculs de la ſituation la plus avantageuſe de la Voile. Ceux, qui entendent le calcul différentiel, les trouveront aiſément en ſuivant la méthode que nous avons donnée. Ce calcul eſt plus long que difficile ; il eſt néceſſaire pour le faire dans

toutes

toutes les ſituations des Voiles d'avoir égard aux différens angles de la ligne du Vent & de la route. Cette condition exigeroit un long détail, ſi nous voulions donner ici ce Calcul. Nous nous bornons au Gouvernail & à la Rame ; perſuadé, qu'avec la formule, que nous avons donnée, on ſe ſatisfera aiſément.

Je commence à déterminer la ſituation la plus avantageuſe du Gouvernail.

170. Dans la recherche, que nous avons faite de cette ſituation, nous avons vû, qu'afin que le Gouvernal fût dans la ſituation la plus avantageuſe ; il falloit, que cette ſituation fût telle, que le quarré du ſinus de l'angle IDB multiplié par le ſinus de l'angle DMC, donnât le plus grand de tous les produits. Nous avons Figure 11.
auſſi remarqué, que l'angle IDB étoit complement de l'angle DMC, & par conſéquent égal à l'angle MDC. Il eſt queſtion de trouver par une méthode générale, cet angle du Gouvernail, qui donne cette plus grande force.

Soit pour cela le ſinus total $= a$, le ſinus de l'angle d'incidence D M C $= x$, le ſinus complement ſera $\sqrt{aa - xx}$. Si l'on quarre le ſinus, ſelon la condition, on aura $aa - xx$; multiplions ce quarré par x, nous aurons $aax - x^3$, dont la *fluxion*, ou la *difference*, eſt $aadx - 3xxdx$, qui, étant ſuivant la méthode, égalée à zero, on déduira $aa = 3xx$, donc $x = \sqrt{\frac{aa}{3}}$. Voilà donc le ſinus de l'angle D M C. Il eſt aiſé maintenant de trouver l'autre, qui ſera $\sqrt{aa - \frac{aa}{3}}$ ou $\sqrt{\frac{2aa}{3}} = \sqrt{\frac{2}{3}aa}$.

Ce ſinus, qui répond à 54 dégrés 44 minutes, eſt le même que celui de Mrs *Bernoulli*, le Pere *Hoſte*, *Guinée*, *Pitot*, *&c.* ont déterminé; ainſi que nous avons déja vû. Je paſſe à la ſituation de la Rame ſur le Batteau.

171. La longueur $= a$, une partie quelconque x; l'autre partie ſera $a - x$. Sans

avoir égard à la force de l'homme, qui ne me paroît pas avoir aucun rapport avec la queſtion, multiplions $a - x$ par x, nous aurons $ax - xx$, dont la *différence* eſt $a\,dx - 2\,x\,dx$, qui, étant égalée à zero, donnera $2x = a$ ou $x = \frac{1}{2}a$.

S'il y avoit quelqu'autres propoſitions dans cet Ouvrage, qui exigeat quelques démonſtrations, je les donnerai ici : je les crois toutes démontrées.

Je terminerois ce Traité, ſi, n'ayant en vûe d'en donner dans la ſuite un autre d'un genre, qui a beaucoup de rapport à celui-ci, je ne croyois, qu'il ne fût néceſſaire, pour rendre mon travail plus fructueux, de ſaiſir cette occaſion afin de faire part au Public, de ce qui m'occaſionne en partie d'y travailler.

L'Ouvrage dont nous voulons parler, eſt une Théorie de la Mâture. De trois Pieces, qui ont été données à ce ſujet, & qui ont merité l'applaudiſſement des Savans, il n'y en a qu'une qui ait été traitée aſſez à fond. C'eſt celle de M.

Bouguer. Elle a été couronnée par l'Académie Royale des Sciences en 1727. Nous nous ſommes attachés à étudier principalement cette derniere ; & nous avons regardé avec admiration, la profonde érud ition de ſon Auteur. Cependant, il ſemble, que le fondement ſur lequel cette Théorie eſt établie, n'eſt pas aſſez ſolide. Voici de quoi il s'agit.

L'Auteur prétend, qu'on doit regarder dans le cas du *Tangage* & *Roulis*, le centre de gravité du Vaiſſeau comme l'Hypomoclion, ou le point d'appui. C'eſt-là le fondement ſur lequel ſa Théorie eſt établie. (On entend, par *Tangage* le balancement du Vaiſſeau dans le cas de ſa longueur, & par *Roulis* le balancement dans le cas de ſa largueur.) Il paroît, que cette propoſition ne ſauroit avoir lieu ; & que l'Hypomoclion ne doit pas être au centre de gravité du Vaiſſeau, mais au point, où les deux directions du balancement du Vaiſſeau ſe coupent ; ce qui eſt bien différent du centre de gravité.

Je rendrois cela plus ſenſible, s'il ne ſe trouvoit détaillé dans une Lettre, qu'un Savant très-celebre m'a fait l'honneur de m'écrire à ce ſujet. Je joindrai ici une copie de cette Lettre. Elle eſt ſavante; & elle ne peut-être qu'utile & agréable au Lecteur.

173. Je n'ai vû qu'en paſſant les deux « Pieces, qui ſuivent la Mâture de M. « *Bouguer*; ainſi je ne puis pas vous en « dire mon ſentiment. A l'égard de M. « *Bouguer*, voici ce que j'ai remarqué. « Dans la page 3, article 2, l'Auteur dit: « *C'eſt donc le centre de gravité du Vaiſſeau* « *qu'on doit prendre dans le cas* du Tanga- « ge & Roulis *comme hypomoclion, ou* « *comme point d'appui.* Voyez *Jean Ber-* « *noulli* dans le Recueil de ſes Ouvrages, « N°. 177, IVe Volume, article 14, *de* « *centro ſpontaneo rotationis*, où ce grand « Homme, ayant établi ſes principes, « conclud, article 20, que le centre de « rotation eſt le même, que le centre « d'oſcillation ou de ſuſpenſion d'un «

» pendule compoſé de toutes les par-
» ties, qui forment le Navire. Etudiés
» bien cet article, & vous verrés l'Ou-
» vrage de M. *Bouguer* fondé ſur un prin-
» cipe, qui eſt peut-être douteux. D'ail-
» leurs, ſi le Vaiſſeau eſt pouſſé en bas
» par une direction N D (Figure 1. de
» M. *Bouguer*) perpendiculaire à la
» Prouë A E, l'impulſion de l'eau, qui
Figure 27. » eſt auſſi perpendiculaire à A E, &
» contraire à N D, ſe trouve détruite,
» par l'impulſion contraire de l'eau, qui
» frappe la Poupe F B perpendiculaire-
» ment autour du centre de gravité G,
» à cauſe de l'équilibre des Parties du
» Vaiſſeau autour de ce centre. Ainſi
» l'impulſion N D ſubſiſte toute entiere;
» & cette impulſion étant décompoſée
» en deux autres, l'une paralléle à A E,
» & l'autre verticale, ſi le Vaiſſeau ne
» s'enfonce point par une direction ver-
» ticale, il ne lui reſte que l'impulſion
» paralléle à A E, ou perpendiculaire à
» D N. Donc le centre d'inclinaiſon eſt

dans la ligne D N ; il eſt auſſi dans la « direction perpendiculaire à la Poupe « F B ; parce que le point A ne peut « commencer à décrire A E, ſans que le « point F décrive F B : donc ce centre « eſt dans le point où ces deux directions « ſe coupent. «

La propoſition 111. de la Théorie « du Pere *Hoſte*, ſur la conſtruction des « Vaiſſeaux, eſt une preuve, *à poſteriori*, « de ce que je viens d'avancer. Mais le « Pere *Hoſte* abuſe de cette preuve dans « la propoſition 148, où il prétend prou- « ver, que le centre d'inclinaiſon dans « les Vaiſſeaux cubiques, priſmatiques, « &c. eſt le milieu de la flotaiſon. «

Car ſoit la nouvelle flotaiſon D C E ; « Figure 28. ſi D G E = A G F B, il eſt évident, « que le point C n'eſt pas le milieu de « A B. En effet, ſi C étoit au milieu de « A B, prolongeons B F & D E en H ; « le Pere *Hoſte* démontre fort bien, que « l'eſpace D I H = A B H I. Otons « G E H I commun, donc D G E = «

» ABFHEGA, & par conſéquent >
» ABFG, contre l'hipotheſe. Le prin-
» cipe du Pere *Hoſte*, eſt que le centre d'in-
» clinaiſon doit être tel, que AGFB =
» DGE.

» Il y a dans ce Traité du Pere *Hoſte*
» de fort bonnes choſes, & de grandes
» erreurs, ſur-tout pour la force ou réſiſ-
» tance des fluides, qu'il prétend en rai-
» ſon ſimple des vîteſſes, au lieu qu'elle
» eſt en raiſon doublée.

» Examinés bien mes démonſtrations,
» & dites-m'en votre avis. *

174. Lorſque j'eus reçu cette Lettre, je fis beaucoup de réfléxions, en cherchant de m'inſtruire mieux, & de m'éclaircir tout-à-fait.

L'autorité de M. *Bouguer* m'inquietoit; & il ſuffiſoit de l'avoir contre moi pour craindre. L'envie que j'avois, que cet illuſtre Académicien ne ſe fût point trompé, me fit préſumer, que le centre de

* Qu'il ſeroit glorieux pour moi de nommer ici ce Savant, s'il avoit voulu me le permettre!

gravité des deux directions, dont il eſt ici fait mention, pouvoit bien être dans la verticale du centre de gravité du Vaiſſeau, à cauſe de l'équilibre des parties autour de ce centre. La propoſition 109. de la Théorie de la Conſtruction du Pere *Hoſte*, où il eſt démontré, que le centre de gravité du Vaiſſeau eſt dans la verticale du centre de gravité de l'eſpace, qu'il occupe dans l'eau, occaſionna cette conjecture. J'eus l'honneur de la communiquer au même Savant, dont je viens de parler : Voici la réponſe qu'il eut la bonté de me faire.

175. A l'égard de votre difficulté ſur « M. *Bouguer*, je conviens, que le centre « d'inclinaiſon eſt dans la même verti- « cale, où eſt le centre de gravité : mais « ces deux centres ſont fort différens, « comme le fait voir M. *Jean Bernoulli* « dans le Recueil de ſes Ouvrages, N°. « 177. Vous dites, que ſi ces deux cen- « tres ſont dans la même verticale, l'hy- « pomoclion eſt le même. M. *Bouguer* «

refuſe cependant, de prendre le centre « de la terre pour l'hypomoclion. Cela « » reviendroit donc au même. Ainſi la » même raiſon, qu'il a de ne pas prendre » le centre de la terre pour hypomoclion, » quoiqu'il ſoit dans la verticale du » centre de gravité, cette même raiſon » prouve, que le centre de gravité n'eſt » pas l'hypomoclion, mais bien le centre » d'inclinaiſon; & quoique tout ſoit en » équilibre autour du centre de gravité, » il ne s'enſuit pas, que ce centre ſoit » celui des efforts du Vent, & de la ré- » ſiſtance du Navire; car ces efforts ne » ſont pas en équilibre avec cette réſiſ- » tance autour du centre de gravité, » mais autour du centre d'inclinaiſon. » Liſés bien le N°. 177. de *Bernoulli* » ſur ces deux centres, & vous ſerés » content.

Lorſqu'on conçoit clairement quelque choſe, on ſe perſuade ordinairement, que tout le monde doive la concevoir de même. Si cela eſt, on verra, après avoir

lû cet article de M. *Bernoulli*, que le centre de gravité du Vaiſſeau ne ſauroit être regardé, dans le cas du Tangage & Roulis, comme l'hypomoclion ou point d'appui, & que le principe de M. *Bouguer* eſt faux. Quoique la Lettre de ce Savant, contribue beaucoup à me confirmer dans ce ſentiment, je le ſoumets néanmoins au jugement reſpectable de M. *Bouguer*. Je ne ſaurois être bien content, ſi je ne le vois rangé de ce côté. Je me déterminerai là-deſſus, ou à hâter la publication de mon nouvel Ouvrage, ou à la ſupprimer.

FIN.

TABLE DES SITUATIONS *les plus avantageuſes de la Voile d'un Vaiſſeau.*

Premiere Colonne. *Seconde Colonne.*

Angles du Rumb de Vent & de la ligne de la Route, ou de la Quille.	Angles les plus avantageux de la Voile & de la Quille, ou de la Route.
Dégres.	*Dégrés.* *Minutes.*
4.	. . 1. . . . 20.
7.	. . 2. . . . 20.
10.	. . 3. . . . 20.
13.	. . 4. . . . 21.
16.	. . 5. . . . 21.
19.	. . 6. . . . 22.
22.	. . 7. . . . 22.
25.	. . 8. . . . 30.
28.	. . 9. . . . 29.
31.	. 10. . . . 34.
34.	. 11. . . . 38.
37.	. 12. . . . 42.
40.	. 13. . . . 48.
43.	. 14. . . . 56.
46.	. 16. . . . 5.

Angles du Rumb de Vent & de la ligne de la Route, ou de la Quille.	Angles les plus avantageux de la Voile & de la Quille, ou de la Route.
Dégrés.	*Dégrés. Minutes.*
49.	. 17. . . . 13.
52.	. 18. . . . 6.
55.	. 19. . . . 35.
58.	. 20. . . . 48.
61.	. 22. . . .
64.	. 23. . . . 43.
67.	. 24. . . . 36.
70.	. 25. . . . 50.
73.	. 27. . . . 14.
76.	. 28. . . . 37.
79.	. 29. . . . 25.
82.	. 31. . . . 25.
85.	. 32. . . . 52.
88.	. 34. . . . 33.
90.	. 35. . . . 16.

Angles du Rumb de Vent & de la ligne de la Route, ou de la Quille.	Angles les plus avantageux de la Voile & de la Quille, ou de la Route.	
Dégrés.	*Dégrés.*	*Minutes.*
176.	. 87. . . .	15.
173.	. 85. . . .	17.
170.	. 83. . . .	21.
167.	. 81. . . .	20.
164.	. 79. . . .	20.
161.	. 77. . . .	22.
158.	. 75. . . .	25.
155.	. 73. . . .	26.
152.	. 71. . . .	26.
149.	. 69. . . .	32.
146.	. 67. . . .	38.
143.	. 65. . . .	35.
140.	. 62. . . .	49.
137.	. 61. . . .	55.
134.	. 60	3.
131.	. 58. . . .	11.
128.	. 56. . . .	35.
125.	. 54. . . .	34.

Angles du Rumb de Vent & de la ligne de la Route, ou de la Quille.	Angles les plus avantageux de la Voile & de la Quille, ou de la Route.
Dégrés.	*Dégrés. Minutes.*
122.	. 52. . . . 47.
119.	. 51. . . . 2.
116.	. 48. . . . 40.
113.	. 46. . . . 51.
110.	. 45. . . . 54.
107.	. 44. . . . 10.
104.	. 42. . . . 31.
101.	. 41. . . . 23.
89.	. 39. . . . 17.
95.	. 37. . . . 44.
92.	. 35. . . . 59.
90.	. 35. . . . 16.

TABLE DES SINUS
à l'uſage de la Manœuvre.

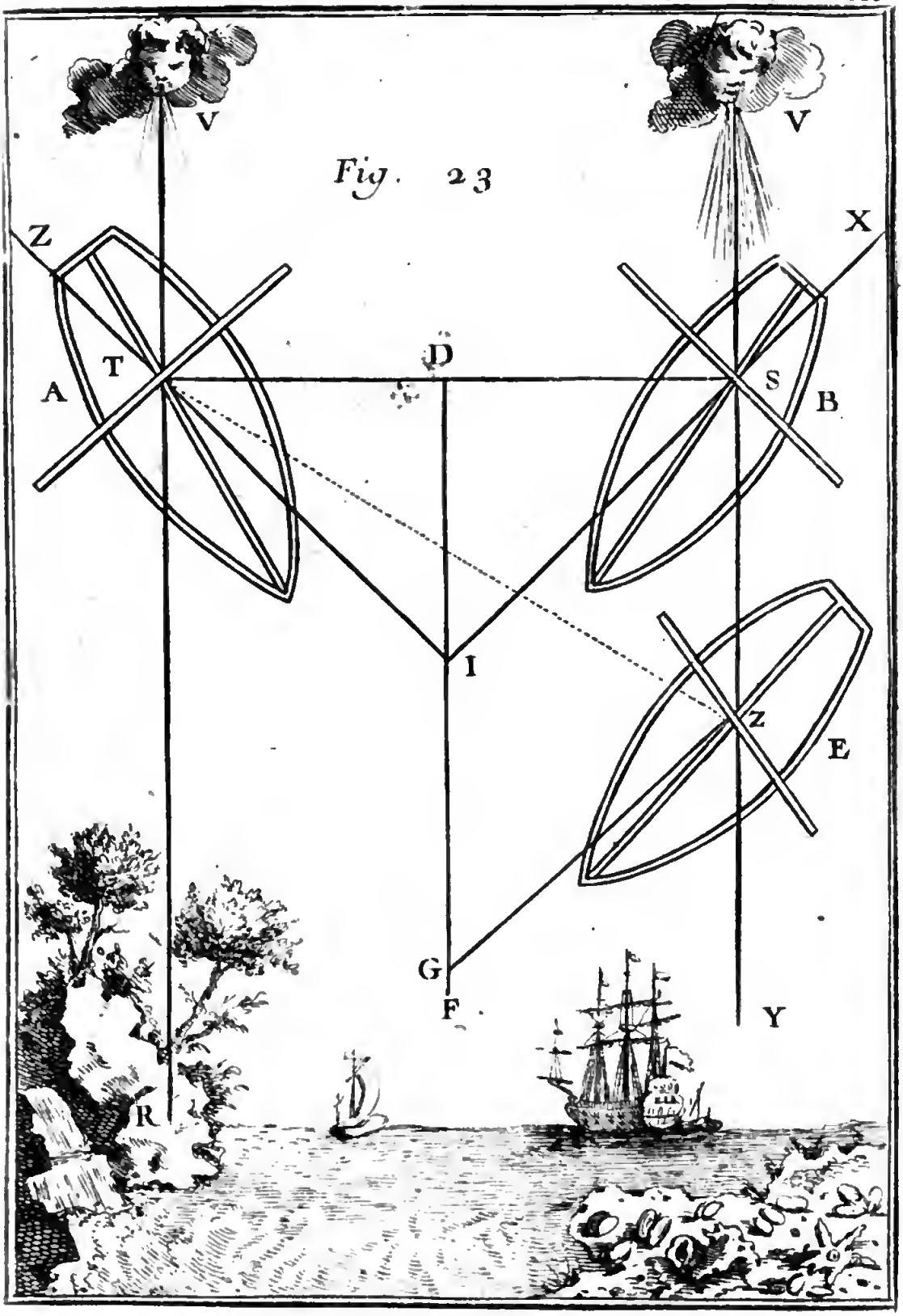
Dégrés.	Sinus.	Minutes.	Sinus.
0.	. . .	30.	872.
1.	1745.	30.	2617.
2.	3489.	30.	4361.
3.	5233.	30.	6104.
4.	6975.	30.	7845.
5.	8715.	30.	9584.
6.	10452.	30.	11330.
7.	12186.	30.	13052.
7.	13917.	30.	14780.
9.	15643.	30.	16504.
10.	17364.	30.	18223.
11.	19080.	30.	19936.
12.	70791.	30.	21643.
13.	22495.	30.	23344.
14.	24192.	30.	25038.
15.	25884.	30.	26723.
16.	27563.	30.	28401.
17.	29237.	30.	30070.
18.	30901.	30.	31730.

Dégrés.	Sinus.	Minutes.	Sinus.
19.	32556.	30.	33380.
20.	34202.	30.	35020.
21.	35836.	30.	36650.
22.	37460.	30.	38268.
23.	39073.	30.	39874.
24.	40673.	30.	41469.
25.	42261.	30.	43051.
26.	43837.	30.	44619.
27.	45399.	30.	46174.
28.	46947.	30.	47715.
29.	48480.	30.	49242.
30.	50000.	30.	50753.
31.	51503.	30.	52249.
32.	52991.	30.	53729.
33.	54463.	30.	55193.
34.	55919.	30.	56640.
35.	57357.	30.	58070.
36.	58778.	30.	59482.

Dégrés.	Sinus.	Minutes.	Sinus.
37.	60181.	30.	60876.
38.	61566.	30.	62251.
39.	62932.	30.	63607.
40.	64278.	30.	64944.
41.	65605.	30.	66262.
42.	66913.	30.	67559.
43.	68199.	30.	68835.
44.	69465.	30.	70090.
45.	70710.	30.	71325.
46.	71933.	30.	72537.
47.	73155.	30.	73727.
48.	74314.	30.	74895.
49.	75470.	30.	76040.
50.	76604.	30.	77162.
51.	77714.	30.	78260.
52.	78801.	30.	79335.
53.	79863.	30.	80385.
54.	80901.	30.	81411.

Dégrés.	Sinus.	Minutes.	Sinus.
55.	81915.	30.	82412.
56.	82903.	30.	83388.
57.	83867.	30.	84339.
58.	84804.	30.	85264.
59.	85716.	30.	86162.
60.	86602.	30.	87035.
61.	87461.	30.	87881.
62.	88294.	30.	88701.
63.	89100.	30.	89493.
64.	89879.	30.	90258.
65.	90630.	30.	90996.
66.	91354.	30.	91706.
67.	92050.	30.	92387.
68.	92718.	30.	93041.
69.	93358.	30.	93667.
70.	93969.	30.	94264.
71.	94551.	30.	94832.
72.	95105.	30.	95371.

Dégrés.	Sinus.	Minutes.	Sinus.
73.	95630.	30.	95881.
74.	96126.	30.	96363.
75.	96592.	30.	96814.
76.	97029.	30.	97236.
77.	97437.	30.	97629.
78.	97814.	30.	97992.
79.	98162.	30.	98325.
80.	98480.	30.	98628.
81.	98768.	30.	98901.
82.	99026.	30.	99144.
83.	99254.	30.	99357.
84.	99452.	30.	99539.
85.	99619.	30.	99691.
86.	99756.	30.	99813.
87.	99862.	30.	99904.
88.	99939.	30.	99965.
89.	99984.	30.	99996.
90.	100000.	30.	872.


V
V
Fig. 23
Z
X
A
T
D
S
B
I
z
E
G
F
Y
R

Biblioteca Nazionale
V.E. III
NAPOLI

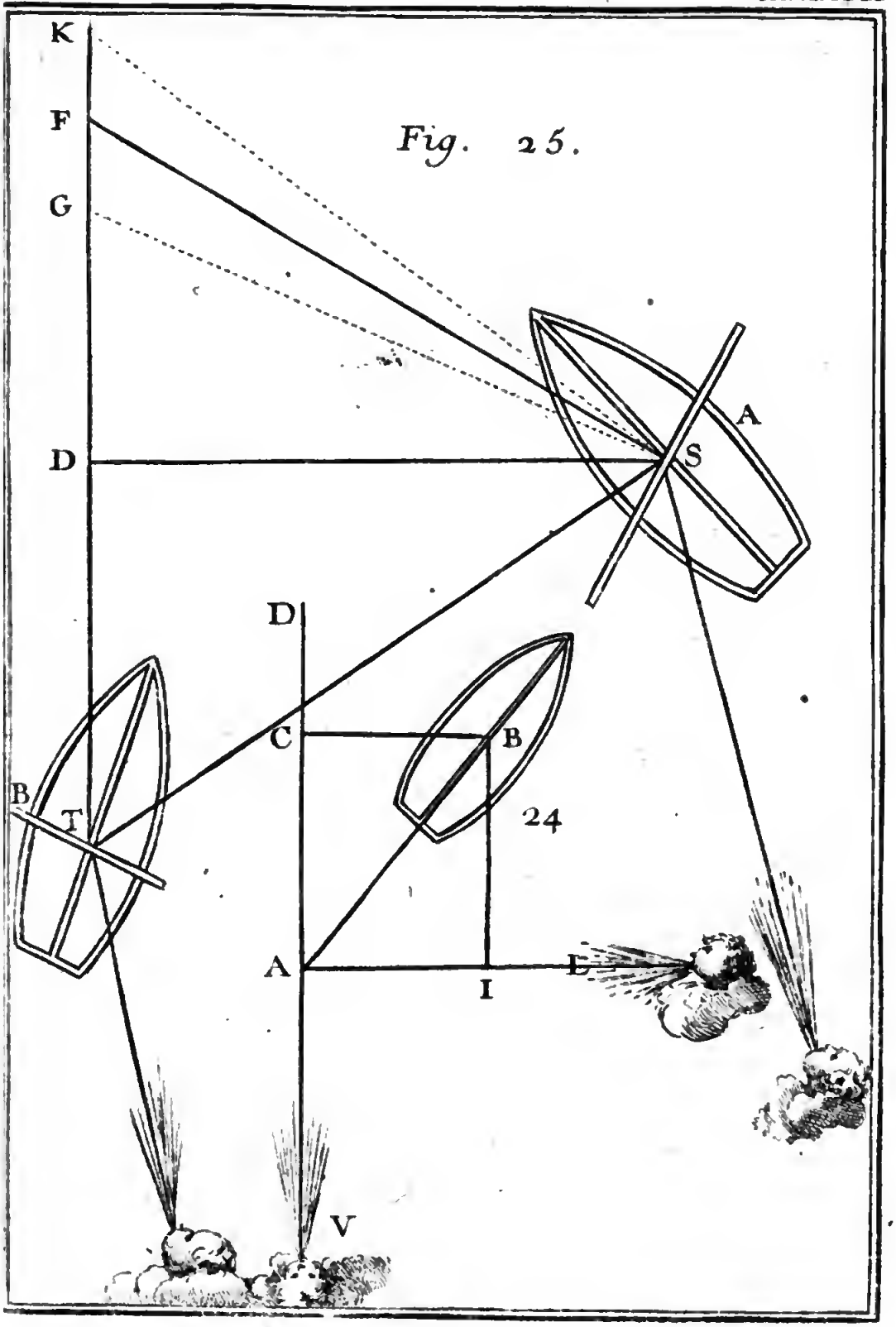


Fig. 25.

V.E. III — Biblioteca Nazionale NAPOLI

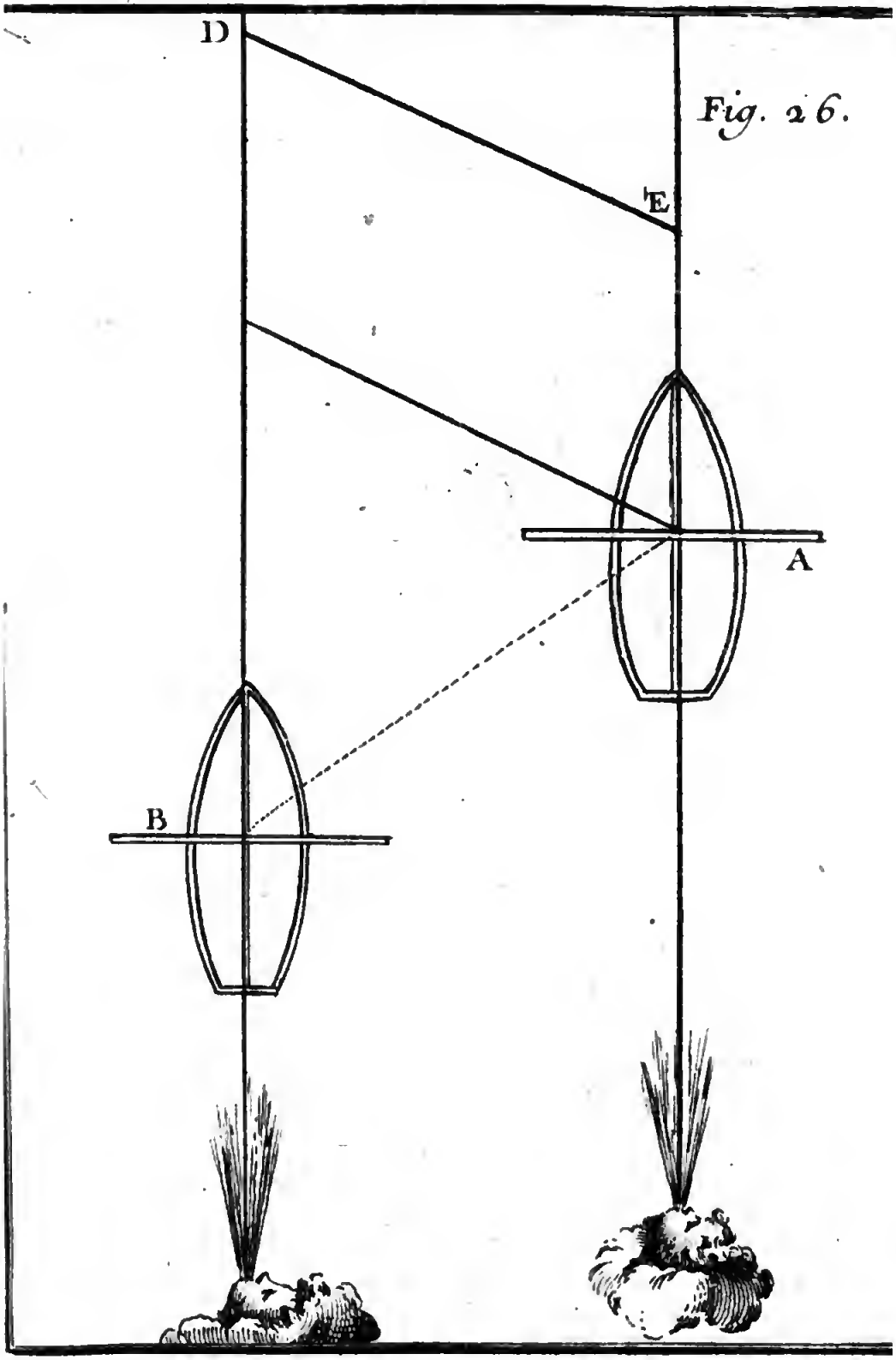
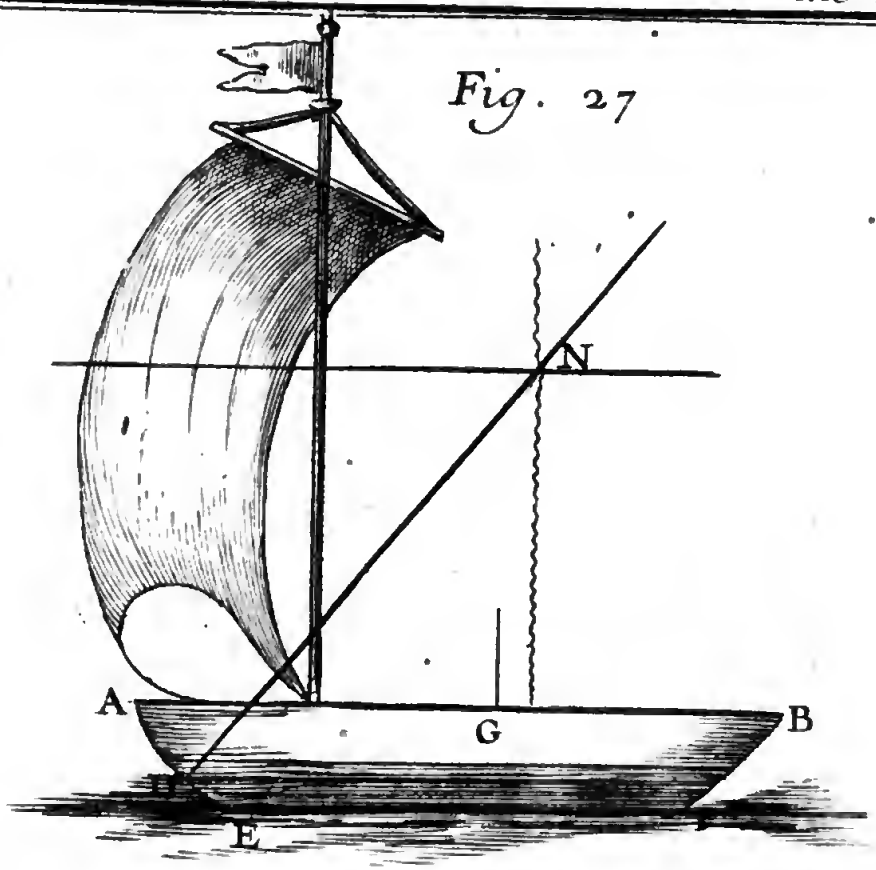


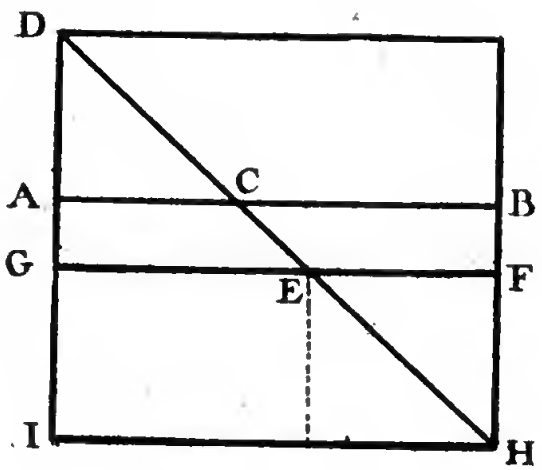
Fig. 26.

Biblioteca Nazionale V. E. III
NAPOLI

Fig. 27



28



Biblioteca Nazionale V. E. III
NAPOLI

TABLE

Du contenu en ce Volume.

PREFACE.

Définition de la Manœuvre, page 1.

CHAPITRE PREMIER.

De l'action des Fluides contre les surfaces ; Principes généraux.

1. *IL est indifférent de considérer, si un Fluide se meut contre une surface, ou cette surface contre ce Fluide*, 2.
2. *Distinctions de trois impulsions*, ibid.
3. *L'impulsion perpendiculaire est plus grande que toutes les autres impulsions*, 3.
4. *L'impulsion paralléle est nulle*, ibid.
5. *L'impulsion oblique est exprimée par le sinus de l'angle d'incidence*, ibid.
6. *De trois impulsions apparentes, il n'en reste que deux de réelles*, 4.

7. *L'impulſion oblique de chaque partie d'un Fluide, eſt à l'impulſion perpendiculaire, comme le ſinus total au ſinus de l'obliquité,* 5.

8. *Les impulſions obliques, ſur une même ſurface, ſont en raiſon doublée des ſinus des angles d'incidence,* ibid.

9. *Une ſurface, qui reçoit l'impulſion d'un Fluide, eſt toujours déterminée à ſe mouvoir, ſelon une ligne, qui lui eſt perpendiculaire,* 6.

10. *Les réſiſtances ſont comme le quarré des vîteſſes,* ibid.

11. *Quels ſont les Fluides dont on parle ici; & ce que c'eſt que lit du Vent & lit du Courant,* 7.

12. *Il eſt néceſſaire d'examiner ſi la courbure des Voiles, lorſqu'elles ſont enflées par le Vent, peut être ſoumiſe à nos principes,* 8.

13. *On peut regarder cette courbure comme nulle, & la ſurface des Voiles comme plane,* ibid.

CHAPITRE II.

Du mouvement en général du Vaiſſeau. Des définitions de la Manœuvre. De la maniere de connoître l'angle de la Ligne du Vent & de la route.

14. *PRincipe fondamental pour toutes les Mâtures quelconques ; & ce qu'on entend par la Ligne de la force mouvante*, 10.

15. *Le ſillage du Vaiſſeau augmente ſelon l'angle du Vent ſur les Voiles. Ce que c'eſt que la Ligne moïenne de la force mouvante*, 11.

16. *Ce que c'eſt que l'angle de la Dérive*, 13.

17. *Comment on pourroit connoître cet angle, & quelle eſt la voïe & la plus ſûre & la plus aiſée*, ibid.

18. *Ce qu'on entend par Vent de Quartier, Vent Largue, Vent de Bouline, Vent-Arriere*, 14.

19. *Le Vent-Arriere n'eſt pas le plus avantageux*, ibid.

20. *Comment un Vaiſſeau tient également le Vent, perd au Vent, gagne au Vent*, 15.

21. *Deux Vaiſſeaux ſont également au*

Vent, s'ils ſont ſur une même ligne. Un Vaiſſeau eſt ſous le Vent d'un autre, s'il a le Vent contraire pour venir à lui, ibid.
22. *Parmi les différentes ſituations qu'on peut donner aux Voiles, il en eſt toujours une, qui eſt la plus avantageuſe,* ibid.
23. *Deſcription d'une Machine, pour connoître l'angle de la ligne du Vent & de la route,* 17.
24. *Uſage de cette Machine,* 20.

CHAPITRE III.

Recherche de la ſituation la plus avantageuſe de la Voile; comment on peut la déterminer, & de quelle façon on doit orienter les Voiles, ſuivant les angles les plus avantageux.

25. *IL eſt deux inconvéniens à lever, quand on veut déterminer la ſituation la plus avantageuſe de la Voile,* 23.
26. *Ce qu'il eſt néceſſaire de connoître pour trouver cette ſituation,* 24.
27. *Sentiment là-deſſus du Chevalier* Renau, 25.
28. *Erreur du Chevalier* Renau *relevée par M.* Huguens; *Sentiment de ce dernier,* ib.

29. *Erreur de M.* Huguens *relevée par M.* Bernoulli : *Sentiment de M.* Bernoulli, ibid.
30. *Autre erreur de M.* Huguens *reconnue par M.* Bernoulli, 26.
31. *Reſultat imprévû de ces différens ſentimens*, ibid.
32. *Quelle eſt la réſiſtance, qu'éprouve, en fendant l'eau, un parallélograme rectangle*, 28.
33. *Examen du parti, qu'on doit prendre, pour déterminer la ſituation la plus avantageuſe de la Voile*, 29.
34. *De quelle façon on trouve le plus grand effort de la Ligne de la force mouvante ſur le Vaiſſeau*, 30.
35. *Méthode de M.* Pitot, *pour connoître ce plus grand effort*, ibid.
36. *Sur cette méthode, M.* Pitot *a calculé une Table des Situations les plus avantageuſes de la Voile*, 32.
37. *Réduction de cette Table*, 33.
38. *Ordre qu'on a ſuivi en rapportant cette Table réduite*, 34.
39. *Pourquoi cette Table n'a pas été pouſſée plus loin*, ibid.
40. *Uſage de cette Table*, 35.
41. *Difficulté de M.* Pitot, *pour orienter*

les Voiles, ſuivant les angles les plus avantageux, 36.
42. *Maniere aiſée de lever cette difficulté,* 37.
43. *Pour ſoumettre tous les mouvemens du Vaiſſeau à des loix, il faut avoir recours aux propriétés du Gouvernail,* 40.

CHAPITRE IV.

Du Gouvernail; quels ſont les Agens de ſa force, & quelle eſt ſa ſituation la plus avantageuſe.

44. *Combien ſont ſurprenans les effets du Gouvernail,* 41.
45. *Il eſt néceſſaire de conſidérer deux forces, pour connoître ces effets,* 42.
46. *Il ſemble que M^rs* Huguens, *le Chevalier* Renau, Bernoulli, *n'ont pas bien réfléchi, quand ils n'ont fait attention, qu'à une ſeule force,* 43.
47. *Rien n'eſt plus aiſé à découvrir, que la force de l'homme dans l'action du Gouvernail,* ibid.
48. *Examen de cette verité,* 44.
49. *C'eſt à tort, que M^rs* Huguens, *ne*

Chevalier Renau, Bernoulli, *ont négligé la force de l'homme*, ibid.

50. *Il y a lieu de croire que* Mrs Huguens, &c. *ont compris cette force, dans la force abſolue de l'eau contre le Gouvernail : mais ils auroient dû en faire mention*, 45.

51. *Dans la recherche de la ſituation la plus avantageuſe du Gouvernail, on ne doit faire attention qu'au ſinus de l'angle d'incidence de l'eau contre le Gouvernail*, 46.

52. *Comment on doit connoître cette ſituation*, 47.

53. *L'angle du Gouvernail & de la Quille, eſt toujours égal à l'angle d'incidence de l'eau contre le Gouvernail*, 48.

54. *Calcul pour connoître la ſituation la plus avantageuſe du Gouvernail*, 49.

55. *Il eſt, pour cela, un autre calcul, qui, ſans être plus certain, eſt plus ſatisfaiſant*, 50.

56. *De quelle façon on doit regler le Timon du Gouvernail, pour qu'on ait l'angle du Gouvernail le plus avantageux*, 51.

57. *Le Chevalier* Renau *eſt le premier, qui a trouvé cet angle*, ibid.

58. *On a regardé, avec* Mrs Huguens, *le Chevalier* Renau, Bernoulli, Pitot,

la Dérive nulle, ibid.
59. *Les effets du Gouvernail, qui avoient paru ſurprenans, ſont cependant bien naturels*, 52.

CHAPITRE V.

De la Rame & de la Pagaïe. Du calcul & du paralléle des deux. De la poſition la plus avantageuſe de la Rame ſur le Batteau.

60. *Rien ne paroît plus ſimple, & rien n'eſt plus difficile à déterminer, que les effets de la Rame*, 54.
61. *Parmi les Problêmes, que les effets de la Rame preſentent, il en eſt deux importans à réſoudre*, 55.
62. *Il faut déterminer la force de l'homme dans l'action de la Rame*, 56
63. *La Rame doit être conſiderée comme un Levier du ſecond genre*, ibid.
64. *Calcul de la force de l'homme dans l'action de la Rame*, ibid.
65. *Cette force, qu'on a trouvée, n'eſt qu'apparente; il eſt néceſſaire d'en ſouſtraire la réaction, pour avoir la véritable*, 57.

66. *Quoique la Réaction, dans l'action de l'homme, ſoit manifeſte, il s'eſt trouvé des perſonnes qui ont eu de la peine à la concevoir,* 58.
67. *Legeres réfléxions pour les convaincre ſoutenues par un Axiome de Mécanique,* ibid.
68. *Les Sauvages de l'Amerique méridionale ſe ſervent d'une eſpece de Rame, qu'on nomme* Pagaïe, 59.
69. *Maniere de ſe ſervir de la Pagaïe,* ibid.
70. *Opinion de quelques Savans, ſur la façon de naviguer avec la Pagaïe,* 60.
71. *Calcul de la force de la Pagaïe,* 61.
72. *Pluſieurs perſonnes penſent, que la réaction, dans l'action de la Pagaïe, eſt nulle,* 62.
73. *On prouve, qu'il eſt une réaction,* ibid.
74. *Il ſemble, que la réaction n'eſt que la moitié de l'effet de l'homme,* 63.
75. *La Pagaïe n'eſt mûe, que par une force égale à la moitié de l'effort abſolu de l'homme,* 64.
76. *La façon de ramer des Sauvages eſt inférieure à la nôtre,* 65.
77. *Projet pour augmenter l'effort de la Rame,* ibid.
78. *Experience pour ramer ſans réaction,* 66.

79. *Maniere de ramer par la ſeule réaction*, 67.
80. *Dans le calcul de la Rame, on a regardé ſon point d'appui dans l'eau, comme fixe, quoiqu'il ſoit mobile*, 68.
81. *Examen de cette ſuppoſition*, ibid.
82. *Préparation pour comparer la rame qui a un point d'appui mobile, avec une qui a un point d'appui fixe*, 69.
83. *Calcul, pour faire ce paralléle*, ibid.
84. *Verité reconnue par ce calcul*, 70.
85. *Conſéquence de cette verité*, 71.
86. *Principe fondamental à la Mécanique, d'où l'on déduit, que la rame peut être priſe pour un Levier du ſecond genre, qui a un point d'appui fixe*, 72.
87. *Quelles ſont les raiſons, qui ont empêché de fixer la grandeur de la Pale eu égard à la longueur de la Rame, & l'angle qu'elle doit faire avec le Batteau*, 73.
88. *On détermine la poſition la plus avantageuſe de la Rame ſur le Batteau*, 74.
89. *Outre les difficultés, qu'on a tâché de lever, pour ſoumettre les effets de la Rame à des loix, il en eſt encore auſquelles il eſt impoſſible d'avoir égard*, 75.
90. *Ce qu'on ſe propoſe d'examiner dans les Chapitres ſuivans*, 77.

CHAPITRE VI.

De la vîteſſe du Vaiſſeau ſelon les différens Airs de Vent & ſelon les différentes Dérives. Examen & réfutation des méthodes qu'on a employées par développer ces dernieres : Nouvelle méthodes pour y ſuppléer.

91. *L'Objet de ce Chapitre eſt de connoître la vîteſſe du Vaiſſeau ſelon les différens airs de Vent & ſelon les differentes Dérives*, 78.
92. *Raiſons, qui ont obligé M.* Bernoulli *à ne donner à ſa Théorie, que le titre d'*Eſſai, ibid.
93. *Pour connoître la vîteſſe du Vaiſſeau ſelon les différentes Dérives, il eſt inutile d'avoir égard à une courbe, il faut avoir égard à une ſurface*, 79.
94. *Elegante méthode de M.* Bouguer, *pour déterminer cette derniere vîteſſe*, 80.
95. *Objection à cette méthode*, ibid.
96. *On peut lever en partie cette objection par l'uſage de l'analyſe de* Deſcartes, ibid.
97. *Quelle eſt la voïe, qui paroît la plus naturelle & la plus courte pour connoître cette vîteſſe, dont il eſt ici fait mention*, 81.

98. *Cette voïe a de grandes difficultés,* ibid.
99. *On ne peut déterminer la vîteſſe du Vaiſſeau ſelon les Dérives, ſans connoître auparavant celle par rapport aux angles du Vent ſur les Voiles,* 84.
100. *Les vîteſſes du Vaiſſeau, ſelon les différens Airs de Vent, ſont comme les ſinus des angles d'incidence du Vent ſur les Voiles,* ibid.
101. *Fondement de la connoiſſance de la vîteſſe du Vaiſſeau ſelon les différentes Dérives,* 85.
102. *Examen de ce fondement,* ibid.
103. *Réſultat de cet examen,* 87.
104. *La connoiſſance des vîteſſes ſelon les Dérives, qui paroiſſoit une queſtion importante, ſe réduit à un objet bien ſimple,* 88.
105. *Recherche de M^rs* Bernoulli (*Jacques*) & Bernoulli, (*Jean*) *de la Ligne de la force mouvante : Méthode de ce dernier,* 89.
106. *Cette méthode ne peut avoir lieu dans la pratique, comme il ſeroit à ſouhaiter,* 91.
107. *Nouvelle méthode pour connoître cette Ligne,* 92.
108. *Les*

108. *Les vîteſſes du Vaiſſeau par rapport aux Dérives, ſont en raiſon compoſée des ſinus des angles du Vent ſur les Voiles, & des racines des ſinus des angles formés par la Ligne de la force mouvante, & la Ligne moïenne,* 93.

109. *Exemple, pour rendre cette vérité plus ſenſible,* 94.

110. *Avis d'une nouvelle Table,* 95.

111. *Avantages de cette Table,* ibid.

112. *Moïen aiſé de rectifier & de perfectionner cette Table,* 96.

113. *On rend ce moïen facile à executer par un exemple,* 97.

114. *Remarque, dans laquelle on examine les avantages des ſurfaces courbes ſur les ſurfaces planes, reconnus & démontrés, par le Chevalier* Newton, Parent, *le Marquis de l'*Hôpital, &c. 98.

CHAPITRE VII.

De la vîteſſe du Vaiſſeau ſelon les différens dégrés de force du Vent. Deſcription & uſage d'une nouvelle Machine pour parvenir à les connoître.

115. *Pour eſtimer le chemin du Vaiſſeau, par le calcul, il faut y faire entrer les différentes vîteſſes du Vent*, 101.
116. *Dans cette vûë M. d'*Ozembray *a perfectionné une Machine de M.* Volsſius, ibid.
117. *Méthode de M.* Pitot *pour ſuppléer au défaut de cette Machine*, 102.
118. *Experiences de M.* Mariotte, 103.
119. *Conſtruction d'une nouvelle Machine appellée* Baroſaneme, *ou* Peſe-Vent, 104.
120. *Uſage du Baroſaneme*, 108.
121. *Les vîteſſes du Vent ſont comme la racine des poids du Baroſaneme*, 109.
122. *Exemple*, ibid.
123. *La vîteſſe abſolue du Vaiſſeau eſt en raiſon compoſée des ſinus des angles d'incidence, du Vent ſur les Voiles, des racines des poids, qui expriment ſon effort, & des racines des angles de* reſiſtance, 111.

124. *Calcul de cette vîteſſe*, 112.
125. *Méthode exacte pour eſtimer le chemin du Vaiſſeau*, 114.
126. *Projet pour trouver les longitudes*, ibid.
127. *On ſe propoſe de lever une ſuppoſition, dont on a parlé au commencement de ce Chapitre*, 115.
128. *La plûpart des Savans ont regardé la vîteſſe du Vent infinie, eu égard à celle du Vaiſſeau*, 116.
129. *Fondement de cette erreur*, ibid.
130. *Cette erreur eſt très-conſidérable*, 117.
131. *M.* Bernoulli (*Jacques*) *reconnoît cette erreur*, ibid.
132. *Remarque de M.* Parent, *ſur la Théorie de M.* Bernoulli (*Jean*) 118.
133. *M.* Pitot *admet l'erreur, dont on vient de parler, dans l'uſage des machines*, ibid.
134. *Les Machines ſont exemptes de cette erreur*, 119.
135. *Preuve de cette verité*, ibid.
136. *Remarque ſur une objection à une experience de M.* Mariotte, 121.

CHAPITRE VIII.

De la vîteſſe du Vaiſſeau ſelon les différentes ſurfaces des Voiles, & ſelon les différentes Voilures.

137. *CE que c'eſt que* mettre à la Cape, 123.
138. *Les vîteſſes du Vaiſſeau, ſont comme les racines des ſurfaces des Voiles,* 124.
139. *Les vîteſſes du Vaiſſeau, ſelon les différentes ſurfaces des Voiles, & ſelon les différens dégrés de force du Vent, ſont en raiſon compoſée de la racine des ſurfaces des Voiles & de celles des poids,* 125.
140. *Quelle eſt la quantité dont on doit diminuer la ſurfaces des Voiles, en même raiſon, que l'accroiſſement de la vîteſſe du Vent,* 126.
141. *Comment on trouve la vîteſſe du Vaiſſeau, l'angle du Vent ſur les Voiles ayant changé,* 128.
142. *De quelle façon on trouve cette même vîteſſe, ſelon les Dérives,* 129.
143. *On paſſe à la recherche de la vîteſſe du Vaiſſeau ſelon les différentes Voilures,* ibid.

144. *Comparaiſon du Vent-Arriere avec le Vent de Bouline*, ibid.
145. *Ce qu'on donne pour le Vent de Bouline, s'applique au Vent Largue, & à tous les autres Vents quelconques*, 132.
146. *On met ſous un même point de vûë, ce qu'on a examiné dans les trois Chapitres précedens*, 133.

CHAPITRE IX.

Solution de trois importans Problêmes: 1°. Connoître ſi l'on eſt au Vent ou ſous le Vent d'un autre Vaiſſeau. 2°. Trouver combien on a gagné ou perdu au Vent. 3°. Prendre le deſſus du Vent.

PROBLÊME I.

147. *Solution d'une partie du Problême*, 134.
148. *Solution de l'autre partie*, 136.

PROBLÊME II.

149. *Solution de la derniere partie de ce Problême par un calcul de Trigonometrie*, 138.

150. *Solution de cette même partie par le Quartier de réduction*, 139.
151. *Solution de la premiere partie*, 140.

PROBLÊME III.

152. *Enoncé du Problême, & à quoi il se réduit*, 141.
153. *Solution de ce Problême*, 142.
154. *On n'a pas fait attention en résolvant ce Problême, à l'angle de la Dérive: on doit donc y avoir égard*, 144.
155. *Il faut connoître l'angle de résistance, pour déterminer la situation la plus avantageuse de la Voile afin de gagner le plus au Vent*, 145.
156. *Remarque sur l'application de ce dernier Problême à deux Flottes ennemies, qui se disputent l'avantage du Vent*, 146.

CHAPITRE X.

Quel eſt l'air de Vent qu'on doit prendre, pour couper un Vaiſſeau, & pour lui donner la chaſſe. Des diverſes Manœuvres de pratique : diſtinction de deux ſortes.

157. *ON détermine l'air de Vent qu'on doit ſuivre pour donner la chaſſe à un Vaiſſeau,* 147.
158. *Par la manœuvre, que l'on vient de preſcrire, un Vaiſſeau en atteint un autre avec la plus grande promptitude poſſible,* 148.
159. *Cette propoſition eſt prouvée,* 149.
160. *Réfléxions, qu'on doit faire, avant que de ſe déterminer à ſuivre aucun air de Vent,* 150.
161. *Regles qu'on doit ſuivre quand, étant plus foible, on eſt chaſſé par l'Ennemi,* 152.
162. *Des Manœuvres de pratique,* 153.
163. *Outre ces Manœuvres, il en eſt encore pluſieurs dont on s'eſt diſpenſé de parler, parce qu'elles ſont connues,* 154.
164. *Autre ſorte de Manœuvres,* 156.
165. *Il ſeroit avantageux de connoître la*

Manœuvre la plus juſtes & là plus certaine pour le tems d'une Tempête, 157.
166. *Moïen d'adoucir le tourment, que cauſe une Tempête à un Vaiſſeau*, ibid.
167. *Perfection de ce moïen, par le Chevalier de* Franſſart, *Capitaine du Regiment Royal Artillerie*, 158.
168. *Obſervation néceſſaire, avant que de finir cette Théorie*, 159.
169. *Remarque ſur l'ordre qu'on a ſuivi dans cet Ouvrage*, 160.
170. *Calcul analiſtique pour trouver la ſituation la plus avantageuſe du Gouvernail*, 161.
171. *Calcul analiſtique de la poſition la plus avantageuſe de la Rame*, 162.
172. *Reflexions ſur la Théorie de la Mâture de M.* Bouguer, 163.
173. *Lettre d'un Savant à ce ſujet*, 165.
174. *Objection ſur cette Lettre*, 168.
175. *Autre Lettre de ce même Savant, où cette objection eſt levée*, 169.

FIN.

C27758

ERRATA.

PAge 4. *ligne* 1. êtte, *liſés* être.
P. 19. & 21. *l.* 7. & 8. E, *liſés e.*
P. 28. *l.* 14. & compoſée, *liſés* eſt compoſée.
P. 30. Article 34 *voyés* la Figure 7.
P. 37. *l.* 17. d'haſarder, *liſés* de haſarder.
P. 39. *l.* 1. *x liſés X.*
P. 43. *l.* 23. 13. *liſés* 10.
P. 63. *l.* 11. PG, *liſés* PR.
P. 64. *l.* 23. dont *liſés* donc.
P. 74. *l.* 7 & 9. CF, (Figure 12.) *liſés* CP.
P. 75. *l.* 2. CD, *liſés* PD.
P. 80. *l.* 18. intégralles, *liſés* intégrables.
P. 85. *l.* 12. terminé, *liſés* déterminé.
La même, *l.* 22. cylindre, *liſés* cylindrique.
P. 87. *l.* 10. formeroient, *liſés* formeront.
P. 88. *l.* 4. la étant Voile, *liſés* la Voile étant.
La même, *l.* 11 & 12. BAC, BA*c*, *liſés* RAC, RA*c*,
P. 98. *l.* 11 dédonnant, *liſés* donnant.
P. 105. *l.* 20 *à* liſés *a.*
P. 106. *l.* 10. 2 *c*, *liſés* 2 C
P. 112. *l.* 13. & 20. 34202. *liſés* 5233.
P. 130. & 142. *l.* 21. & 19. au lieu du ſinus 1°. 20'. prenez celui de 2° 40'. & faites avec ce ſinus les calculs qui ſuivent.
P. 137. *l.* 17. ISE, *liſes* ISY.
P. 148. *l.* 5. SF, *liſés* TF.
La même, *l.* 8. BDA, *liſés* TDS.
P. 150. *l.* 6 FST, *liſés* FTS.
La même, *l.* 11. KTS, *liſés* KST.
P. 163. *l.* 8. exigeat, *liſés* exigeaſſent.
La même, *l.* 9. donnerai, *liſés* donnerois.

APPROBATION.

J'AY lû par l'ordre de Monſeigneur le Chancelier, un Manuſcrit intitulé : *Nouvelle Théorie de la Manœuvre des Vaiſſeaux, à la portée des Pilotes ;* & je n'y ai rien trouvé qui puiſſe en empêcher l'Impreſſion. A Paris le 18 Juin 1745. CLAIRAUT.

PRIVILEGE DU ROY.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roy de France & de Navarre : A nos amés & féaux Conſeillers, les Gens tenans nos Cours de Parlemens, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conſeil, Prevôt de Paris, Baillifs, Senechaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra, SALUT. Notre bien amé le Sieur SAVERIEN, Ingénieur de la Marine, Nous a fait expoſer qu'il déſiroit faire imprimer & donner au Public un Ouvrage de ſa compoſition qui a pour titre : *Nouvelle Théorie de la Manœuvre des Vaiſſeaux ;* s'il Nous plaiſoit de lui acorder nos Lettres de Privilege pour ce néceſſaires. A CES CAUSES voulant favorablement traiter le Sieur Expoſant, Nous lui avons permis & permettons par ces

Preſentes de faire imprimer ſondit Ouvrage en un ou pluſieurs Volumes, & autant de fois que bon lui ſemblera, & de les faire vendre & débiter par tout notre Royaume pendant le tems de douze années conſécutives, à compter du jour de la date des Preſentes. Faiſons défenſes à toutes perſonnes de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'Impreſſion étrangere dans aucun lieu de notre obéiſſance, comme auſſi à tous Libraires & Imprimeurs, d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire ledit Ouvrage, ni d'en faire aucuns Extraits ſous quelque prétexte que ce ſoit, d'augmentation, correction, changemens ou autres, ſans la permiſſion expreſſe & par écrit dudit Expoſant, ou de ceux qui auront droit de lui, à peine de confiſcation des Exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des Contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers audit Sieur Expoſant, ou à celui qui aura droit de lui, & de tous dépens, dommages & interêts; à la charge que ces Preſentes ſeront enregiſtrées tout au long ſur le Regiſtre de la Communauté des Libraires & imprimeurs de Paris, dans trois mois de la date d'icelles, que l'Impreſſion dudit Ouvrage ſera faite dans notre Royaume, & non ailleurs, en bon papier & beaux caracteres, conformément à la feuille imprimée attachée pour modele ſous le contre-Scel des Preſentes, que l'Impétrant ſe conformera en tout aux Re-

glemens de la Librairie, & notamment à celui du 10 Avril 1725. qu'avant de les expoſer en vente le Manuſcrit, qui aura ſervi de copie à l'Impreſſion dudit Ouvrage, ſera remis dans le même état ou l'Approbation y aura été donnée, ès mains de notre très-cher & féal Chevalier le Sieur DAGUESSEAU, Chancelier de France, Commandeur de nos Ordres, & qu'il en ſera remis deux Exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, & un dans celle de notredit très-cher & féal Chevalier le Sieur DAGUESSEAU, Chancelier de France; le tout à peine de nullité des Preſentes: du contenu deſquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Expoſant & ſes ayans-cauſes, pleinement & paiſiblement, ſans ſouffrir qu'il leur ſoit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Preſentes qui ſera imprimée tout au long au commencement ou à la fin dudit Ouvrage, ſoit tenue pour dûement ſignifiée, & qu'aux Copies collationnées par l'un de nos amés, féaux Conſeillers & Secretaires, foi ſoit ajoutée comme à l'Original. Commandons au premier notre Huiſſier ou Sergent ſur ce requis, de faire pour l'execution d'icelles tous actes requis & néceſſaires, ſans demander autre permiſſion, & nonobſtant clameur de Haro, Charte Normande, & Lettres à ce contraires. Car tel eſt notre plaiſir. DONNE' à Paris le ſeiziéme jour du mois de Juillet, l'an de grace mil ſept